

ADVERTIMENT. La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei TDX (www.tesisenxarxa.net) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

ADVERTENCIA. La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR (www.tesisenred.net) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

WARNING. On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX (www.tesisenxarxa.net) service has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized neither its spreading and availability from a site foreign to the TDX service. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service is not authorized (framing). This rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author

De Gaudí a Miralles.

Cent Anys d'Estructura Metà·lica a Barcelona.



Autor: Josep Maria Pons Poblet

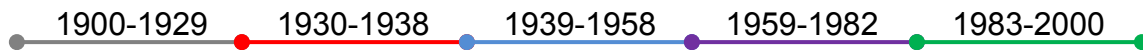
Directors: Frederic Marimon Carvajal

Josep Maria Fornons García

Tesi Doctoral presentada per a obtenir el títol de Doctor per la Universitat
Politécnica de Catalunya.

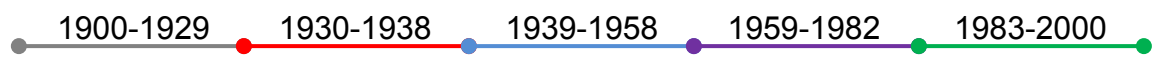
Departament de Resistència de Materials i Estructures a l'Enginyeria.

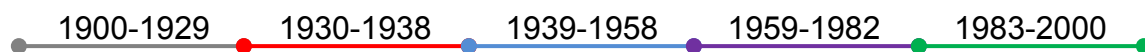
Programa de Doctorat en Anàlisi Estructural. Barcelona 2014.



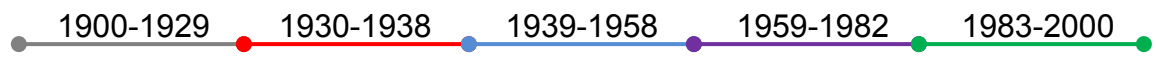
BLOC 6. A mode de resum...

He bastit estructures d'edificis.
Estructures de ferro
que la gelada torna perilloses.
La vida ha anat quedant-se sota el fred
dels hiverns a les obres,
i jo m'he anat fent vell veient el sol
sortir a cops de martell rere les bigues.
Avui el veig sortir rere una altra estructura
que s'alça esvelta i nua, com si fos una dona
que he estimat sempre. Quan la toco,
gelada, em crema mentre continuo
el que mai no s'acaba: construir.



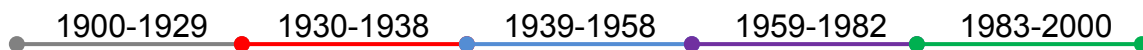


6.1. CONTEXT HISTÒRIC	4
6.2. MÈTODES DE CàLCUL	8
6.3. NORMATIVA OFICIAL	56
6.4. TRES EXEMPLES ..	59





6.1. CONTEXT HISTÒRIC



Tal i com sovint s'ha anat explicitant al llarg del treball en cap moment es volgué fer un estudi exhaustiu de la història del segle XX; ni era l'objectiu del treball ni, evidentment, els coneixements de l'autor. El que s'ha volgut fer ha estat veure quins esdeveniments han tingut influència històrica tant directament com indirecta en àmbits com han estat el normatiu, el calculístic o el constructiu entre d'altres.

Arribats a aquest punt s'ha intentat compendiar quins han estat aquests esdeveniments considerats clau.



Tot i ser un període relativament llarg amb abundants fets històric - socials, l'estudi ens ha portat a considerar-ne especialment alguns com a influents en el nostre estudi. Podríem, per exemple, parlar de l'important **creixement demogràfic** que la ciutat experimentà amb la traducció directa d'aquest fet al món constructiu d'habitatges per tal de poder-lo absorbir dignament. La **construcció de mercats i d'estacions** seguirien aquesta dinàmica de creixement de la urb.

Malgrat aquestes premisses els tres elements que, s'ha cregut, més han influït ha estat, la burgesia catalana, les transformacions urbanístiques i l'exposició de l'any 1929.

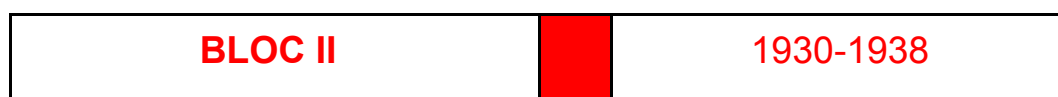
La burgesia catalana, formada per classes benestants així com els anomenats *indianos*, fruit de la seva posició econòmica encarregaren habitatges per ubicar la seva primera (o segona) residència. Aquest fet provocà relacions importants amb l'arquitectura que sovint es convertien en contractes per a la construcció dels mateixos i/o relacions de mecenatge. Només cal mirar el passeig de Gràcia o part de l'eixample barceloní per corroborar-ho. Si a aquest important fet afegim les **transformacions urbanístiques** que la ciutat estava sofrint, el fenomen augmentà un grau encara més. Com aquestes transformacions sovint era urbanístiques pròpiament dites (Via Laietana) o bé



transformacions d'obra civil (metro i ferrocarril) les primeres normatives que ens sortiran dins aquest segle (1902 i 1925) seran fonamentalment d'aquest àmbit.

La tercera consideració que s'ha cregut interessant destacar ha estat **l'exposició de 1929**. Barcelona, novament després de l'anterior de 1888, s'obria a l'exterior. En aquest cas la muntanya de Montjuïc sofrí una important transformació posada en marxa per enginyers, arquitectes, urbanistes, dissenyadors i d'altres col·lectius.

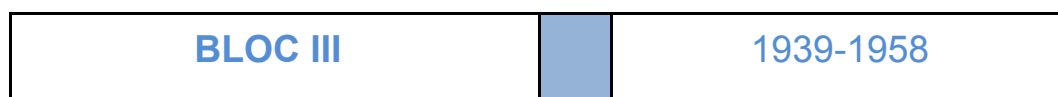
Aquests tres aspectes es traduïren en l'aplicació d'una normativa, uns mètodes de càlcul alhora que una tecnologia, que com hem vist no en podia quedar al marge.



En aquest període, curt temporalment, es donaren dos fets històricament fonamentals en la història de l'estat espanyol; **la Segona República i la Guerra Civil**.

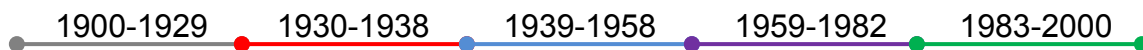
6

En principi, aparentment, no haurien d'haver influït notablement en el nostre estudi. Tanmateix hi ha, però, un conjunt de fets recollits i sintetitzats en un de molt luctuós que tingué una influència clau en els esdeveniments posteriors; **el bombardejos de Guernica i Durango** que significaren, a part del fet més important com foren la pèrdua de vides humanes, la destrucció de part de la indústria siderúrgica i metal·lúrgica del nord espanyol. Aquest fet tindrà, en el BLOC posterior una importància capital.



Un dels períodes més grisos i tristos del segle XX, segons la majoria de fonts consultades tant humanes com bibliogràfiques, fou el corresponent al nostre tercer període d'estudi; **la postguerra espanyola**.

El país estava arrasat. Aquest fet, que podria haver significat un, encara que tímid, auge del món constructiu i industrial, fou caracteritzat precisament per tot



el contrari. En no existir primeres matèries - i en la prohibició de qualsevol contacte amb l'estranger- aquesta reconstrucció que esmentaven no es pogué dur a terme. Els esdeveniments del període anterior, que he volgut simbolitzar amb els fets de Guernica, influïren en tots els àmbits del nostre estudi.

Tots; absolutament tots els apartats, com en cap altre BLOC, tant significativament s'hi veieren reflectits. Potser el més palès és el normatiu tal i com hem vist amb els decrets restrictius.

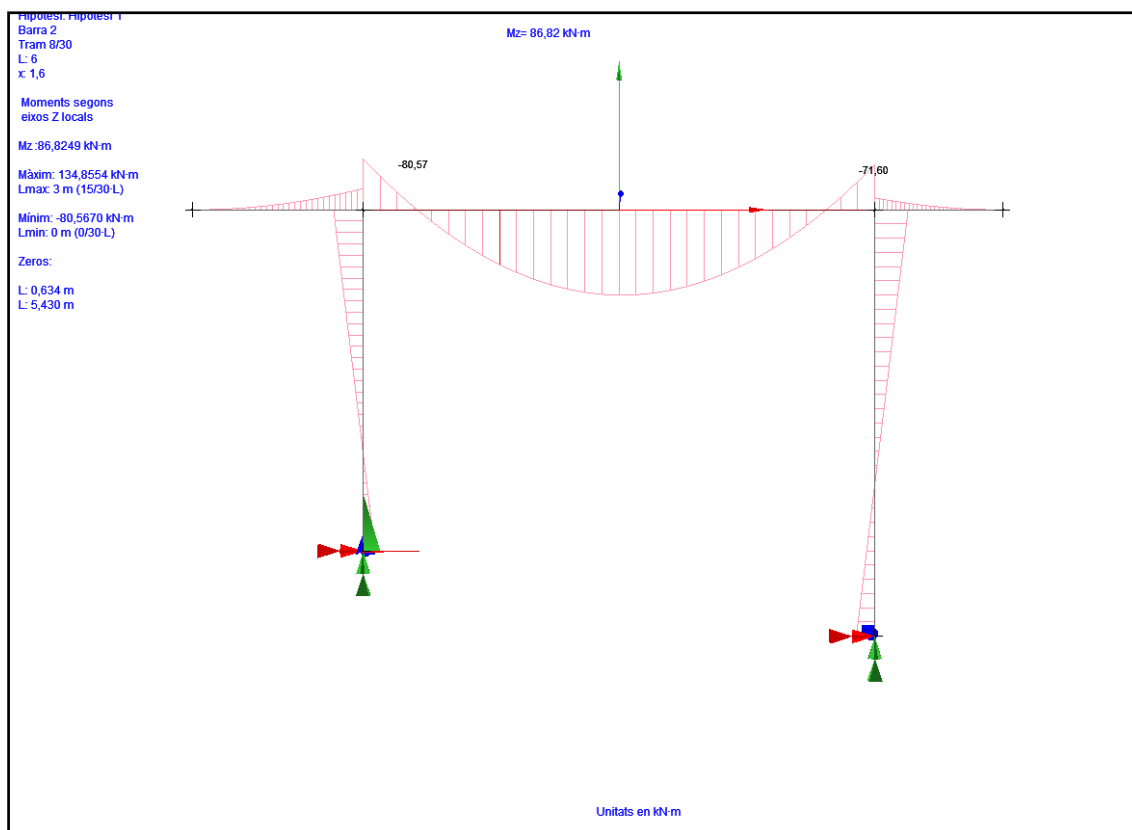


Un fet clau marca el període; **el Pla d'Estabilització**. Tal i com s'ha vist aquest nou enfocament de l'economia espanyola porta associat tot un seguit d'innovacions que es traduiran en un important creixement econòmic. Aquest, entre d'altres coses, implicarà unes innovacions tecnològiques i industrials que es traduiran, conjuntament amb un creixement d'habitatges i desenvolupament social, en un auge sector constructiu.

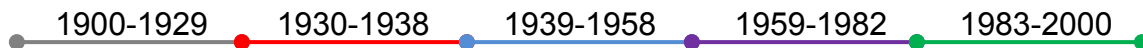
Els sistemes fins llavors vigents, la tecnologia emprada i fins i tot la manera com eren calculats els habitatges i les naus industrials hauran de canviar ràpidament per tal de poder donar resposta a la cada vegada més insistent demanda.



Si el període anterior venia marcat principalment pel què va representar el Pla de 1959, aquest fonamentalment podem dir que es caracteritzarà per la **mirada vers al continent europeu**. Els Tractats de Maastricht i el Jocs de Barcelona, amb la modernitat implícita de la ciutat, seran unes realitats que influenciaran novament tots els aspectes socials. Aquestes noves fites conduiran a una cada vegada més important internacionalització que, òbviament també es farà notar en el sector constructiu.



6.2. MÈTODES DE CÀLCUL



Formulació dels mètodes de càlcul. Mètodes de dimensionament de peces i unions

Un dels objectius que ens plantejaven a l'inici de l'estudi era el de conèixer els diferents (i principals) mètodes de càlcul que han existit al llarg del segle XX i que han tingut una transcripció real en memòries de càlcul de projectes.

Un cop presentats ens podem preguntar; quin ha estat el mètode que ha tingut més transcendència -impacte i aplicació- pel calculista?

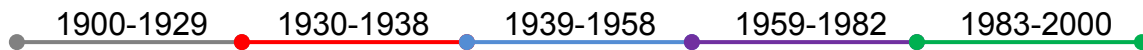
Cert és que cada mètode ha tingut la seva importància en el període en el qual fou implementat o bé transcrit i que, com hem vist, alguns han perdurat, i perduren, encara avui en dia. Cert és, també, que per entendre la gènesi del mètode és fonamental conèixer el període on sorgí i per tant potser fóra molt agosarada la seva comparació amb vista d'escollir-ne el millor. Tot i això s'intentarà escollir-ne un tot i justificant el perquè del raonament.

9

Arribats a aquest punt del treball s'ha cregut que el que mancava era la comparació dels mètodes, tot i plantejant diversos casos, per poder donar una resposta emmarcada en el caire pràctic que ens ajudés a extreure'n conclusions.

Els mètodes que s'han estudiat han estat els que a continuació s'esmenten ja que, tal i com s'ha vist al llarg de l'estudi, són els que han gaudit de més aplicació pràctica:

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">0. Programari informàtic.1. Teorema dels Tres moments. (<i>BLOC I- Pàg. 27</i>)2. Mètode slope - deflection. (<i>BLOC III- Pàg. 20</i>)3. Mètode Kleinlogel. (<i>BLOC III- Pàg. 37</i>)4. Mètode de Cross. (<i>BLOC IV- Pàg. 19</i>)5. Mètode matricial. (<i>BLOC V- Pàg. 15</i>) |
|--|



Per fer-ho s'ha partit de la resolució de tres casos típics dins el món estructural que ens ocupa.

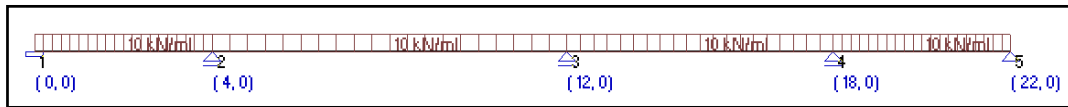


Figura 6.1 Biga d'inèrcia constant amb càrrega uniforme.

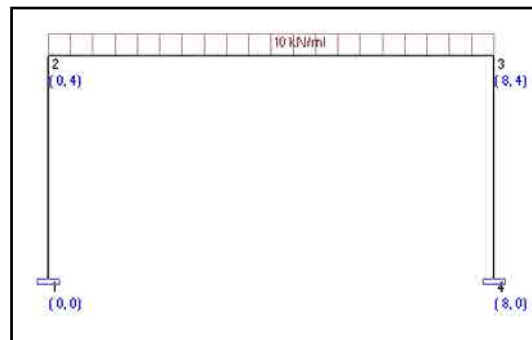


Figura 6.2 Pòrtic simètric amb càrrega uniforme.

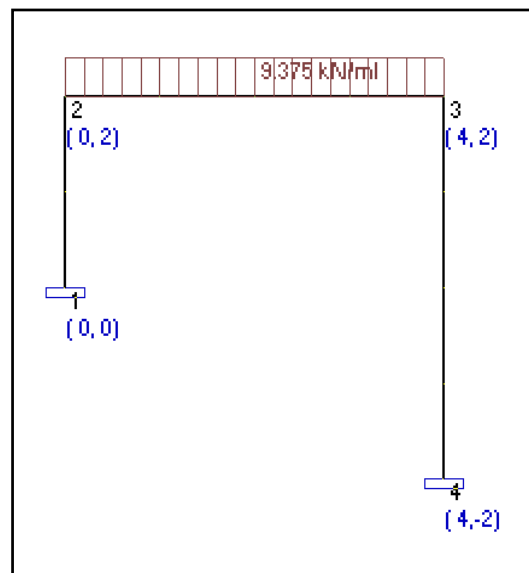


Figura 6.3 Pòrtic asimètric d'inèrcia constant amb càrrega uniforme.

0. Programari informàtic

Tot i existir distints programes informàtics al mercat de resolució del càlcul d'estructures, s'ha optat per la implementació dels exercicis amb el programari **ESTRUWIN**, creat al laboratori de Recerca d'Estructures (LAREST) del Departament de Resistència de Materials i Estructures a l'Enginyeria.

De fet, és el programari que s'empra, per a la docència d'assignatures d'estructures de la titulació d'enginyeria industrial a l'ETSEIB.

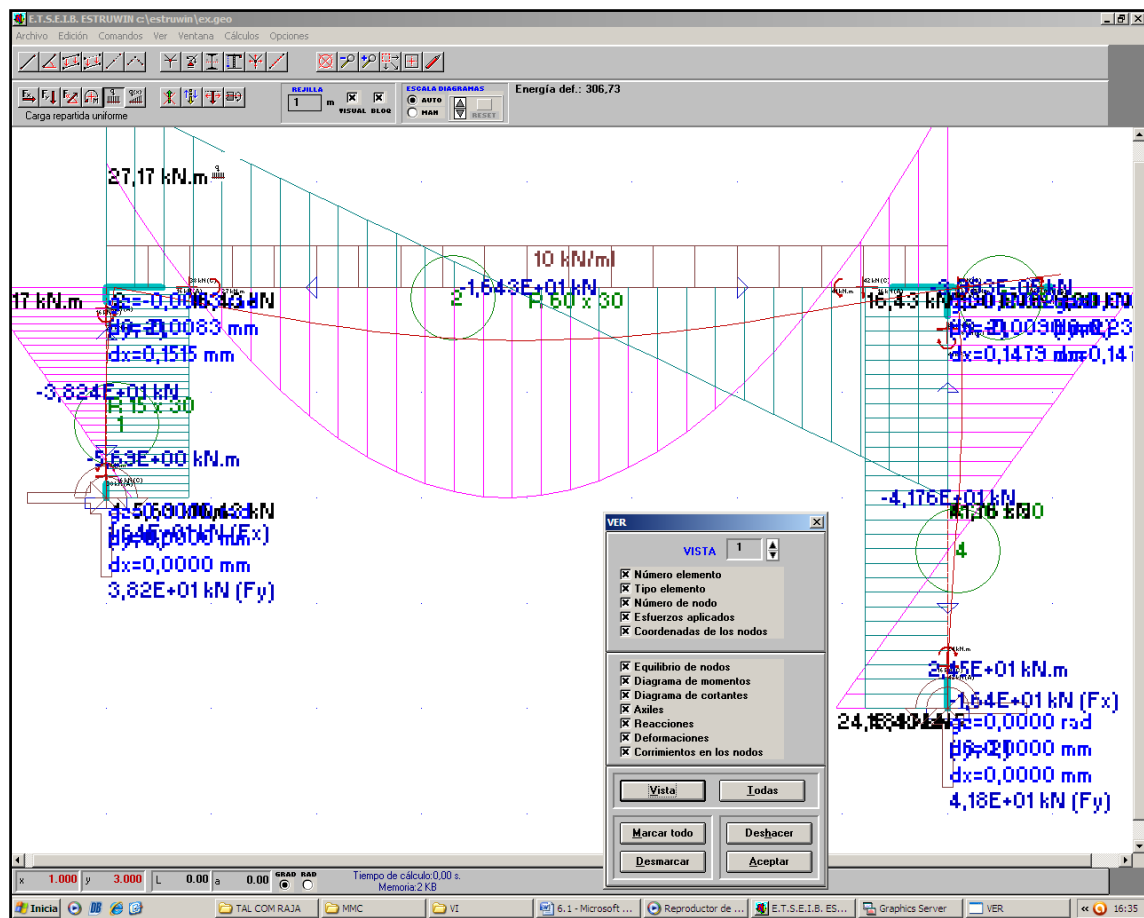
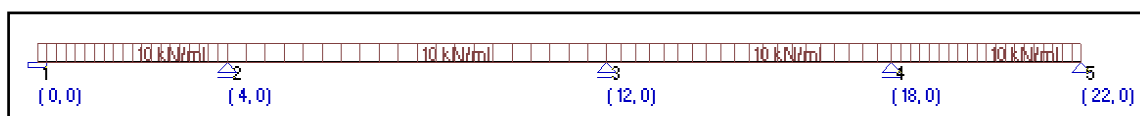


Figura 6.4 Programari ESTRUWIN.

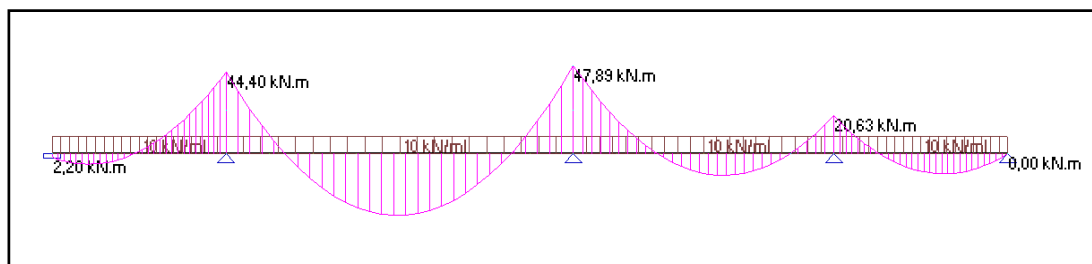
Tot seguit es mostra el resultat obtingut amb el programari dels tres exercicis proposats.



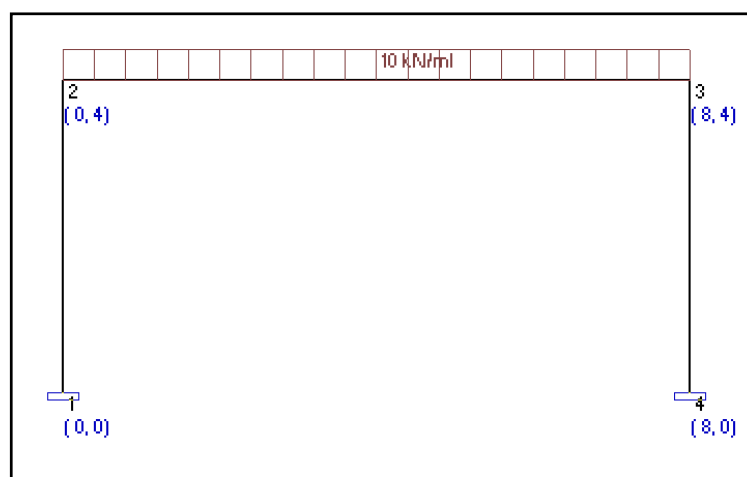
Biga d'inèrcia constant amb càrrega uniforme.



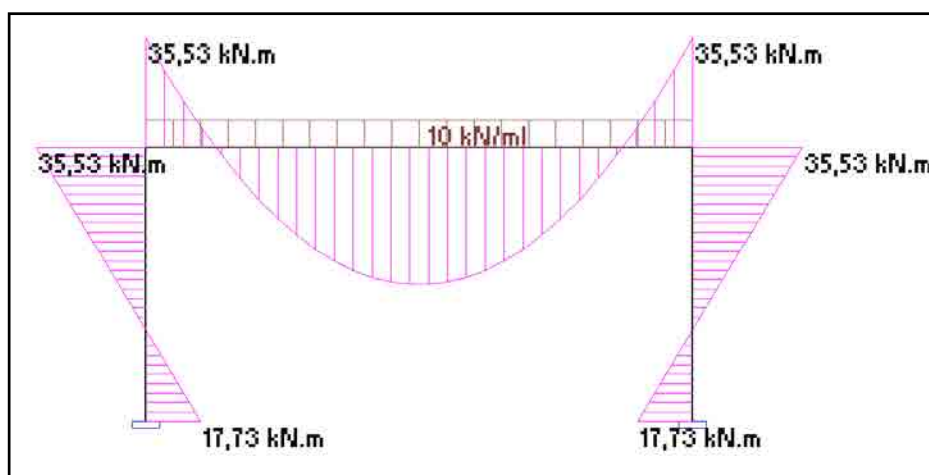
El programari ens genera;



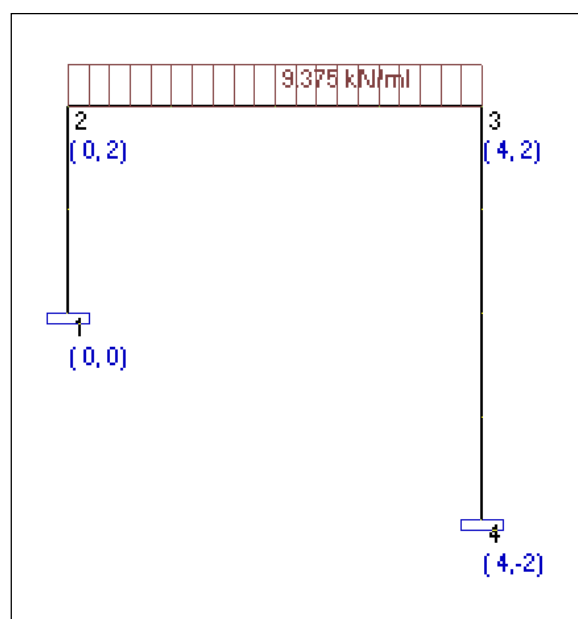
Pòrtic simètric amb càrrega uniforme.



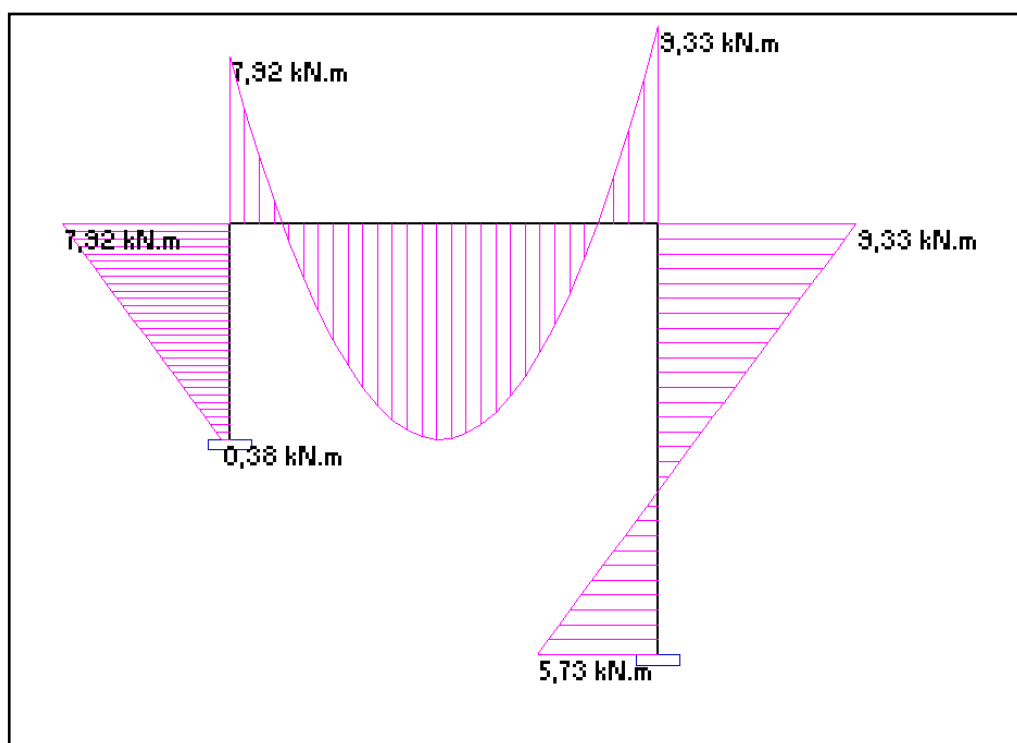
El programari ens genera;



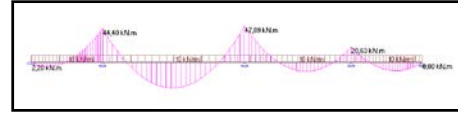
Pòrtic asimètric d'inèrcia constant amb càrrega uniforme.



El programari ens genera;



1. Teorema dels Tres moments



Plantejament de les corresponents equacions;

$$M_1 4 + 2M_2 12 + M_3 8 = \frac{1}{4} 10(4^3 + 8^3)$$

$$M_2 8 + 2M_3 14 + M_4 6 = \frac{1}{4} 10(8^3 + 6^3)$$

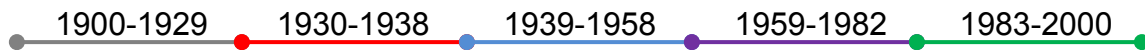
$$M_3 6 + 2M_4 10 + M_5 4 = \frac{1}{4} 10(6^3 + 4^3)$$

$$M_5 = 0 \text{ (articulació)}$$

$$M_1 2 + M_2 = 40 \text{ (encastament)}$$

Obtenint;

M₁	-2,20
M₂	44,40
M₃	47,89
M₄	20,63
M₅	0



1. Teorema dels Tres moments



Plantejament de les corresponents equacions;

$$M_1 4 + M_2 16 + M_3 4 = \frac{1}{8} 10(8^3)$$

$$M_2 4 + M_3 16 + M_4 4 = \frac{1}{8} 10(8^3)$$

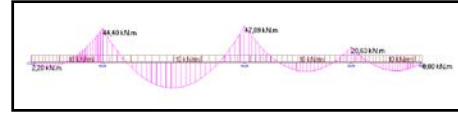
$$M_1 2 + M_2 = 0 \text{ (encastament)}$$

$$M_4 2 + M_3 = 0 \text{ (encastament)}$$

Obtenint;

M₁	-17,78
M₂	35,56
M₃	35,56
M₄	-17,78

2. Mètode slope - deflection



Càlcul dels moments d'encastament perfecte;

$$M_{12} = \frac{1}{12}ql^2 = 13,33 \text{ kNm}$$

$$M_{34} = \frac{1}{12}ql^2 = 53,33 \text{ kNm}$$

$$M_{56} = \frac{1}{12}ql^2 = 30 \text{ kNm}$$

$$M_{78} = \frac{1}{12}ql^2 = 13,33 \text{ kNm}$$

Plantejament de les equacions de barra;

$$M_1 = 13,33 + \frac{4EI}{L} \left(\frac{1}{2} \theta_1 \right)$$

$$M_2 = -13,33 + \frac{4EI}{L} (\theta_1)$$

$$M_3 = 53,33 + \frac{4EI}{L} \left(\theta_1 + \frac{1}{2} \theta_2 \right)$$

$$M_4 = -53,33 + \frac{4EI}{L} \left(\frac{1}{2} \theta_1 + \theta_2 \right)$$

$$M_5 = 30 + \frac{4EI}{L} \left(\theta_2 + \frac{1}{2} \theta_3 \right)$$

$$M_6 = -30 + \frac{4EI}{L} \left(\frac{1}{2} \theta_2 + \theta_3 \right)$$

$$M_7 = 13,33 + \frac{4EI}{L} \left(\theta_3 + \frac{1}{2} \theta_4 \right)$$

$$M_8 = -13,33 + \frac{4EI}{L} \left(\frac{1}{2} \theta_3 + \theta_4 \right)$$

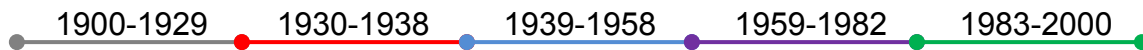
Plantejament de les equacions de nus;

$$M_2 + M_3 = 0$$

$$M_4 + M_5 = 0$$

$$M_6 + M_7 = 0$$

$$M_8 = 0$$



Amb la qual cosa obtenim un sistema de 12 equacions amb 12 incògnites, fet que valida el comentari anterior que deia que és un mètode molt senzill però amb laboriositat (no dificultat) analítica.

Per resoldre'l s'ha fet servir l'àlgebra matricial obtenint;

M₁	-2,2014349
M₂	-44,40277
M₃	44,4027698
M₄	-47,892258
M₅	47,8922581
M₆	-20,632303
M₇	20,6323026
M₈	0
Gir₁	-2,192E-08
Gir₂	1,8636E-08
Gir₃	5,9481E-10
Gir₄	9,1088E-09

2. Mètode slope - deflection



Càlcul dels moments d'encastament perfecte

$$M_{34} = \frac{1}{12} q l^2 = 53,33 \text{ kNm}$$

Plantejament de les equacions de barra

$$M_1 = \frac{4EI}{h} \left(\frac{1}{2} \theta_1 \right)$$

$$M_2 = \frac{4EI}{h} (\theta_1)$$

$$M_{2'} = 53,33 + \frac{4E2I}{L} \left(\theta_1 + \frac{1}{2} \theta_2 \right)$$

$$M_{3'} = -53,33 + \frac{4E2I}{L} \left(\theta_2 + \frac{1}{2} \theta_1 \right)$$

$$M_3 = \frac{4EI}{h} (\theta_2)$$

$$M_4 = \frac{4EI}{h} \left(\frac{1}{2} \theta_2 \right)$$

18

Plantejament de les equacions de nus

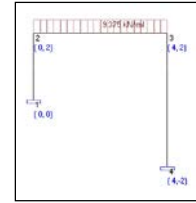
$$M_2 + M_{2'} = 0$$

$$M_3 + M_{3'} = 0$$

Amb la qual cosa obtenim un sistema de 6 equacions amb 6 incògnites. Per resoldre'l s'ha fet servir l'àlgebra matricial obtenint;

M₁	-177777,8	M₃	355555,6
M₂	-355555,6	M₄	177777,8
M_{2'}	355555,6	Gir₁	-0,000251
M_{3'}	-355555,6	Gir₂	0,000251

2. Mètode slope - deflection



Càlcul dels moments d'encastament perfecte

$$M_{34} = \frac{1}{12} q l^2 = 12,5 \text{ kNm}$$

Plantejament de les equacions de barra

$$M_1 = \frac{4EI}{L} \left(\frac{1}{2} \theta_1 + \frac{3}{2} \frac{\Delta}{L} \right)$$

$$M_2 = \frac{4EI}{L} \left(\theta_1 + \frac{3}{2} \frac{\Delta}{L} \right)$$

$$M_3 = 12,5 + \frac{4EI}{L} \left(\theta_1 + \frac{1}{2} \theta_2 \right)$$

$$M_4 = -12,5 + \frac{4EI}{L} \left(\frac{1}{2} \theta_1 + \theta_2 \right)$$

$$M_5 = \frac{4EI}{L} \left(\theta_2 + \frac{3}{2} \frac{\Delta}{L} \right)$$

$$M_6 = \frac{4EI}{L} \left(\frac{1}{2} \theta_2 + \frac{3}{2} \frac{\Delta}{L} \right)$$

19

Plantejament de les equacions de nus

$$M_2 + M_3 = 0$$

$$M_4 + M_5 = 0$$

Plantejament de les equacions de desplaçament

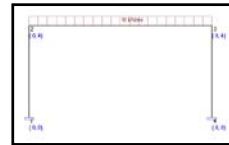
$$\frac{M_1 + M_2}{L} + \frac{M_5 + M_6}{L} = 0$$



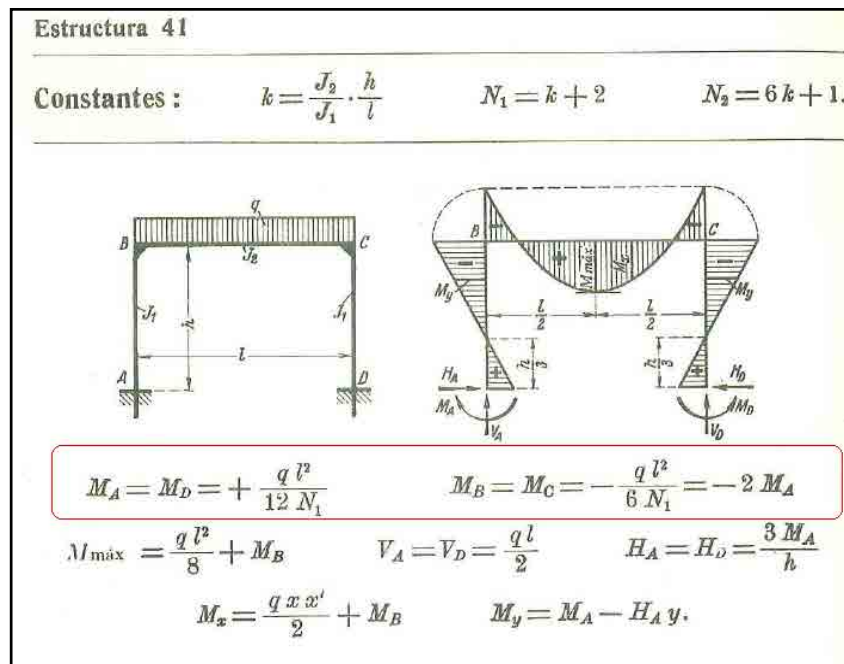
Amb la qual cosa obtenim un sistema de 9 equacions amb 9 incògnites. Per resoldre'l s'ha fet servir l'àlgebra matricial obtenint;

M₁	0,32894737
M₂	-7,8947368
M₃	7,89473684
M₄	-9,375
M₅	9,375
M₆	5,75657895
Gir₁	-5,802E-09
Gir₂	5,1054E-09
Desplaçament	4,0224E-07

3. Mètode Kleinlogel



En aquest cas busquem al manual el pòrtic corresponent que esdevindria l'Estructura 41.



21

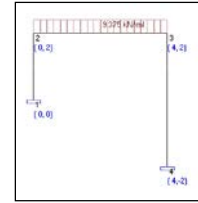
Prèviament calculem els paràmetres auxiliars;

$$k = \frac{214}{18} = 1; \quad N = 1 + 2$$

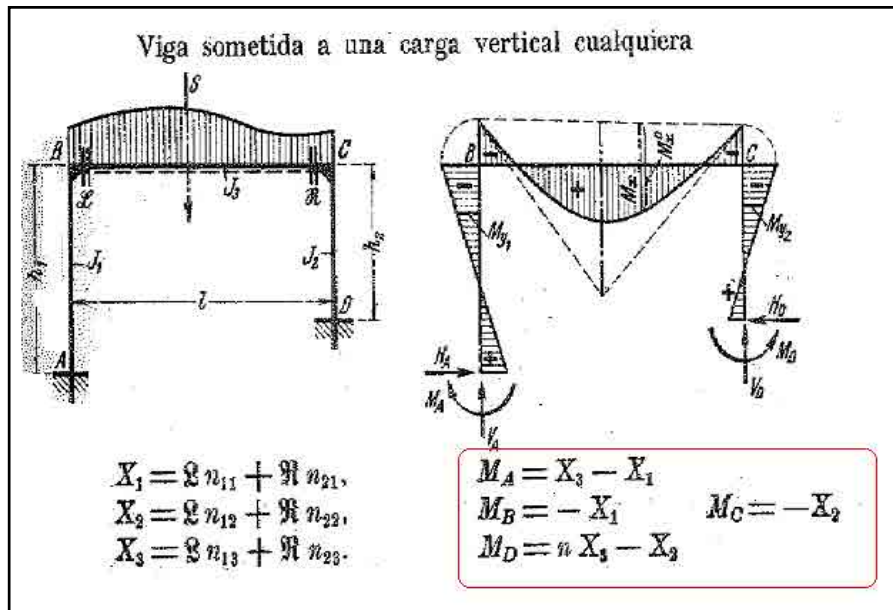
Substituint els valors obtenim;

M₁	17,76
M₂	-35,55
M₃	-35,55
M₄	17,76

3. Mètode Kleinlogel

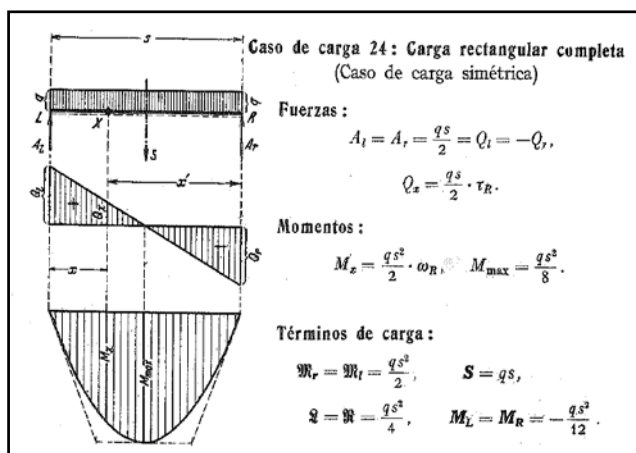


En aquest cas busquem al manual el pòrtic corresponent que esdevindria l'Estructura 48.

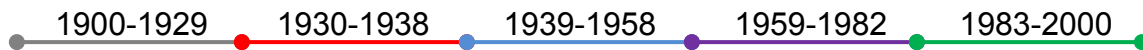


22

Per trobar els valors dels moments que busquem haurem de, prèviament, cercar uns paràmetres que també figuren tabulats.



Tractant-se d'una càrrega rectangular completa, obtenim els valors que l'autor defineix com a *términos de carga*.



Per finalment, donats els valors de les constants, també tabulats, trobar els valors de moments que en definitiva és el que es ve seguint.

Constantes: $k_1 = \frac{J_3}{J_1} \cdot \frac{h_1}{l}$ $k_2 = \frac{J_3}{J_2} \cdot \frac{h_2}{l}$ $n = \frac{h_2}{h_1}$

$R_1 = 2(3k_1 + 1)$ $R_2 = 2(1 + 3k_2)$ $R_3 = 2(k_1 + n^2 k_2)$

$N = R_3(k_1 + 1 + k_2) + 6k_1 k_2(k_1 + 1 + n + n^2 + n^2 k_2)$

$n_{11} = \frac{R_2 R_3 - 9n^2 k_2^2}{3N}$ $n_{12} = n_{21} = \frac{9n k_1 k_2 - R_3}{3N}$

$n_{22} = \frac{R_1 R_3 - 9k_1^2}{3N}$ $n_{13} = n_{31} = \frac{k_1 R_2 - n k_2}{N}$

$n_{33} = \frac{R_1 R_2 - 1}{3N}$ $n_{23} = n_{32} = \frac{n k_2 R_1 - k_1}{N}$

Prèviament calculem els paràmetres auxiliars;

$$k_1 = 0,5; k_2 = 1; n = 2; R_1 = 5; R_2 = 8; R_3 = 9;$$

$$n_{11} = 0,21; n_{22} = 0,25; n_{33} = 0,228;$$

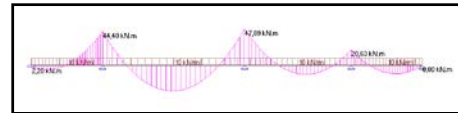
$$n_{12} = n_{21} = 0; n_{13} = n_{31} = 0,035; n_{32} = n_{23} = 0,166;$$

23

Substituint els valors obtenim;

M₁	-0.31
M₂	-7.88
M₃	-9.37
M₄	5.74

4. Mètode de Cross



Etales I i II

Càlcul de les inèrcies de les barres

En aquest cas ens donen el valor I per a totes les geometries.

$$I_{12} = I_{23} = I_{34} = I_{56} = I$$

Càlcul de les rigideses de les barres

$$K_{12} = \frac{4EI}{L} = EI; K_{23} = \frac{4EI}{L} = 0,5EI; K_{34} = \frac{4EI}{L} = 0,67EI; K_{45} = \frac{4EI}{L} = EI$$

Coefficients de repartiment

Nus 2

$$r_1 = \frac{EI}{EI + 0,5EI} = 0,67 ; r_2 = \frac{0,5EI}{EI + 0,5EI} = 0,33$$

24

Nus 3

$$r_1 = \frac{0,5EI}{0,5EI + 0,67EI} = 0,42 ; r_2 = \frac{0,67EI}{0,5EI + 0,67EI} = 0,68$$

Nus 4

$$r_1 = \frac{0,67EI}{0,67EI + EI} = 0,4 ; r_2 = \frac{EI}{0,67EI + EI} = 0,6$$

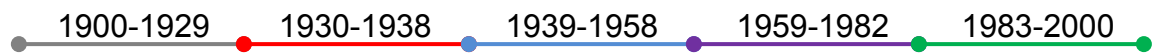
Parells d'encastament perfecte (kN·m)

$$|M_{12}| = \frac{1}{12} ql^2 = 13,33$$

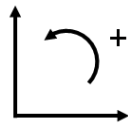
$$|M_{23}| = \frac{1}{12} ql^2 = 53,33$$

$$|M_{34}| = \frac{1}{12} ql^2 = 30,00$$

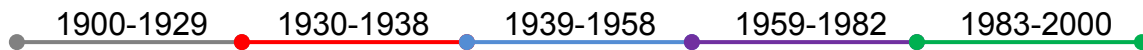
$$|M_{45}| = \frac{1}{12} ql^2 = 13,33$$



Criteri de signes



-2,15		-44,3	44,3		-48,2	48,2		-20,5	20,5		0
											0,9
-0,58	←	-1,17	-0,57					-1,24	-1,8	→	-0,9
			1,74	←	3,49	4,82	→	2,41	0,7	←	1,4
-14,9	←	-29,81	-14,83	→	-7,41	-0,9	←	-1,87	-2,81	→	-1,4
			4,5	←	9	12,37	→	6,18	-1,5	←	-3
						2	←	4	6	→	3
									6,66	←	13,33
13,33		-13,33	53,33		-53,33	30		-30	13,33		-13,33
		0,67	0,33		0,42	0,58		0,4	0,6		



4. Mètode de Cross



Etapes I i II

Càlcul de les inèrcies de les barres

$$I_{12} = I_{34} = I; \quad I_{23} = 2I$$

Càlcul de les rigideses de les barres

$$K_{12} = \frac{4EI}{L} = EI; K_{23} = \frac{4EI}{L} = EI; K_{34} = \frac{4EI}{L} = EI;$$

Coeficients de repartiment

Nus 2

$$r_1 = \frac{EI}{EI + EI} = 0,5; \quad r_2 = \frac{EI}{EI + EI} = 0,5$$

26

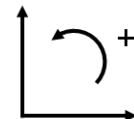
Nus 3

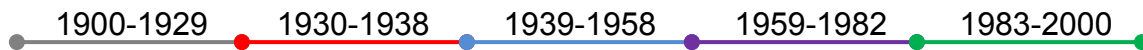
$$r_1 = \frac{EI}{EI + EI} = 0,5; \quad r_2 = \frac{EI}{EI + EI} = 0,5$$

Parells d'encastament perfecte (kN·m)

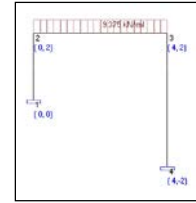
$$|M_{23}| = \frac{1}{12}ql^2 = 53,33$$

Criteri de signes





4. Mètode de Cross



Etapes I i II

Càlcul de les inèrcies de les barres

$$I_{12} = I_{23} = I_{34} = I$$

Càlcul de les rigideses de les barres

$$K_{12} = \frac{4EI}{L} = 2EI; K_{23} = \frac{4EI}{L} = EI; K_{34} = \frac{4EI}{L} = EI;$$

Coefficients de repartiment

Nus 2

$$r_1 = \frac{2EI}{2EI + EI} = 0,67 ; r_2 = \frac{EI}{EI + 2EI} = 0,33$$

28

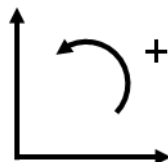
Nus 3

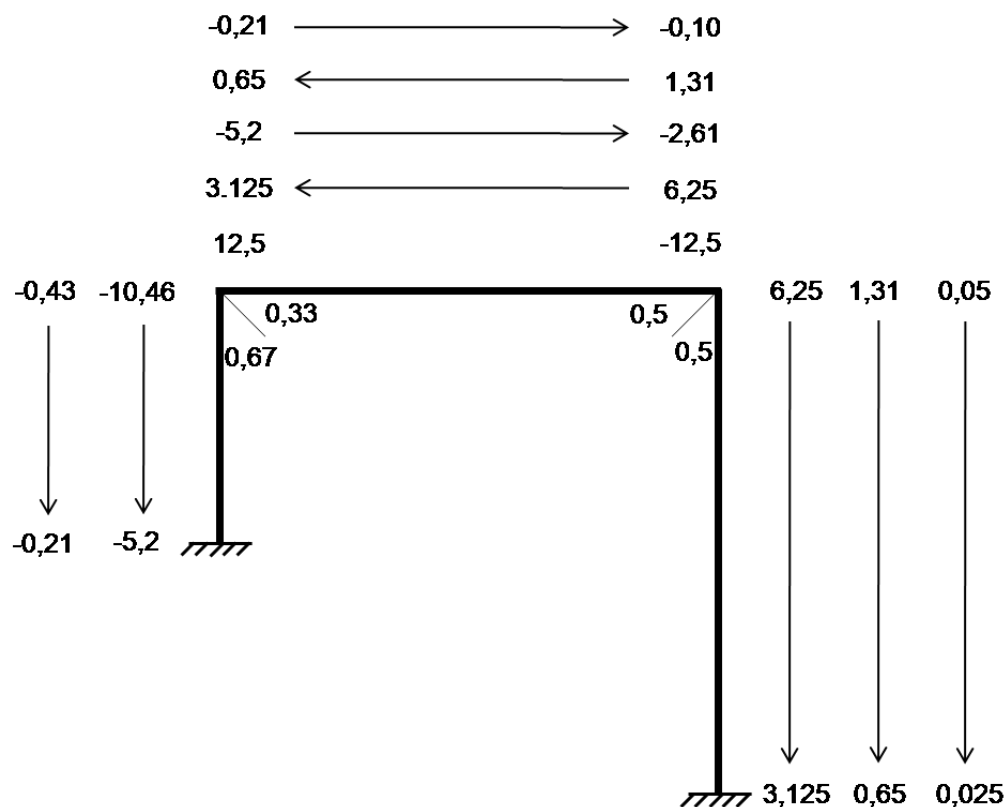
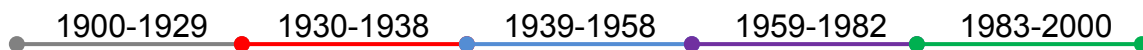
$$r_1 = \frac{EI}{EI + EI} = 0,5 ; r_2 = \frac{EI}{EI + EI} = 0,5$$

Parells d'encastament perfecte (kN·m)

$$|M_{23}| = \frac{1}{12}ql^2 = 12,5$$

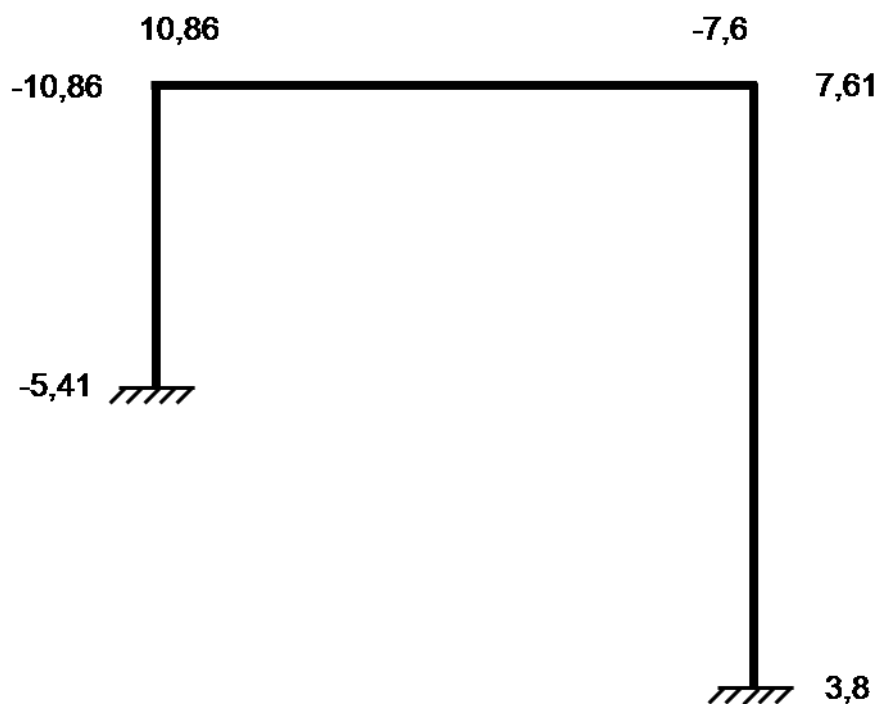
Criteri de signes



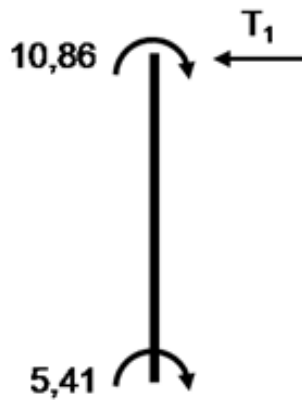


29

Amb la qual cosa obtenim:



Un cop s'ha realitzat l'etapa fonamental hem de plantejar l'equació d'equilibri que ens determinarà si l'estructura és intranslacional o bé translacional.

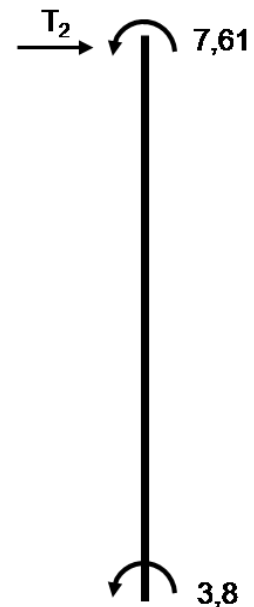


PILAR 1

$$T_1 = \frac{10,86 + 5,41}{2} = 8,135$$

PILAR 2

$$T_2 = \frac{7,61 + 3,8}{4} = 2,87$$

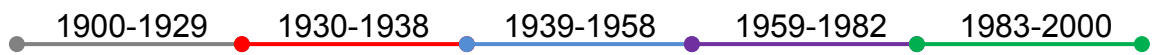


Apliquem l'equació d'equilibri que ens determina;



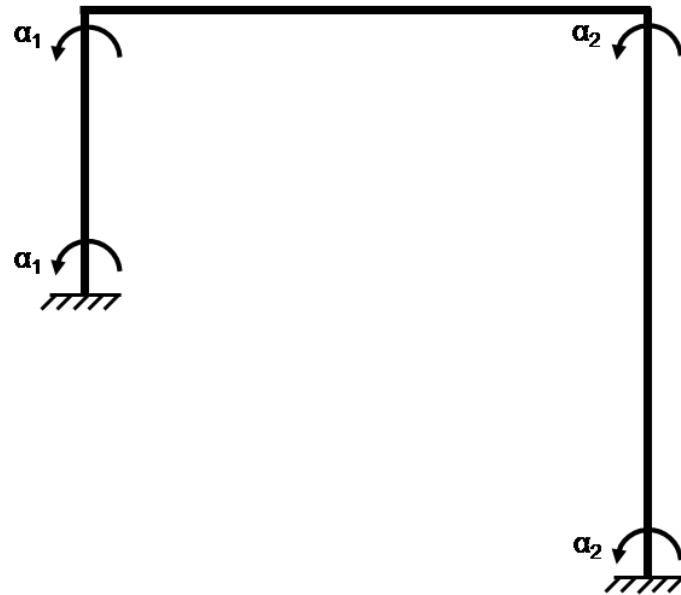
$$T_1 \neq T_2$$

Amb la qual cosa veiem que la estructura és **TRANSLACIONAL**.



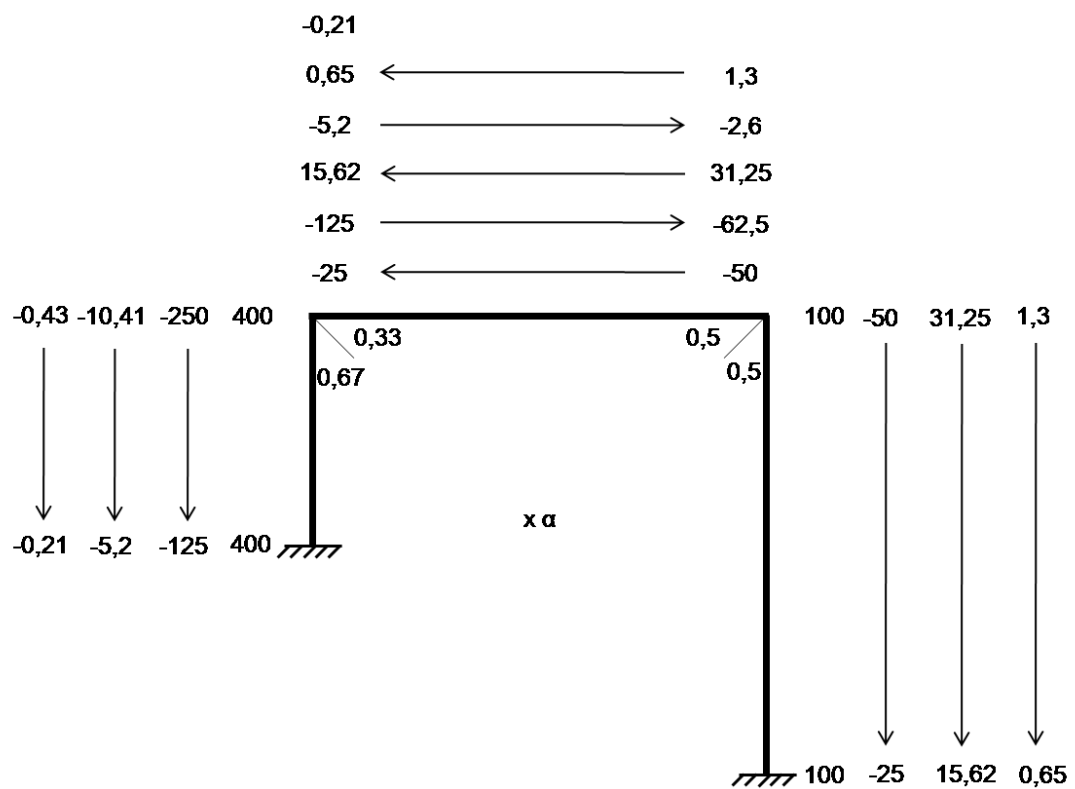
Etapas III i IV

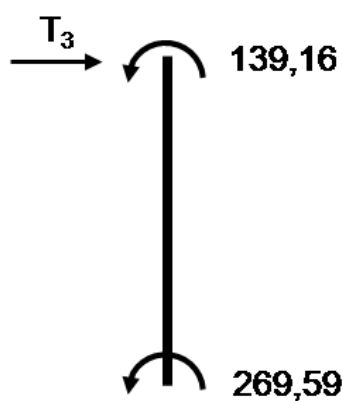
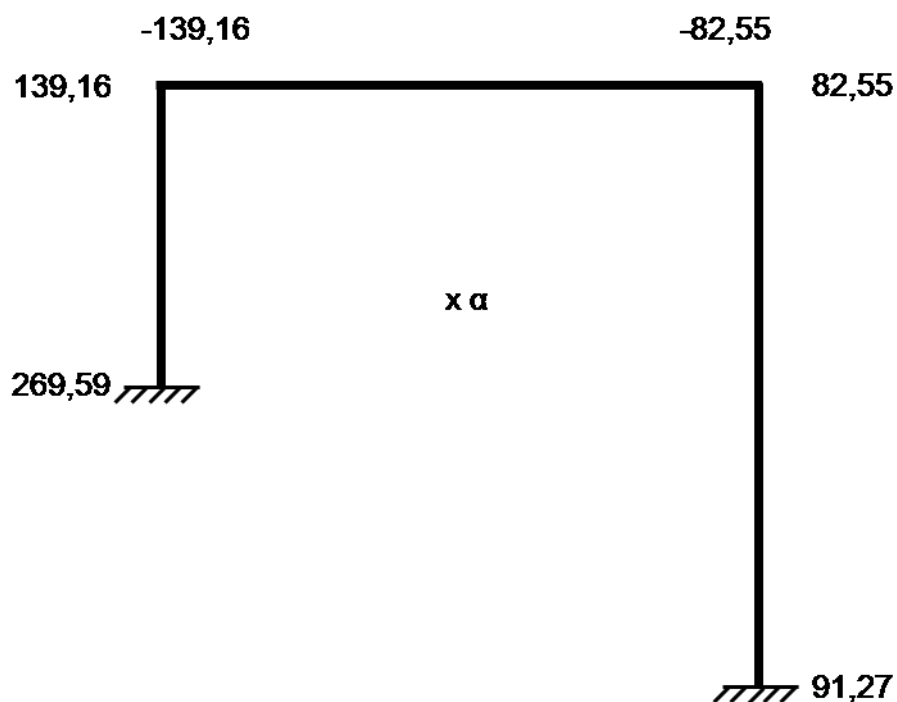
Parells locals



$$\alpha_2 = \frac{6EI\Delta}{L'^2} \Leftrightarrow 100\alpha; \quad \alpha_1 = \frac{6EI\Delta}{L^2} \Leftrightarrow 400\alpha$$

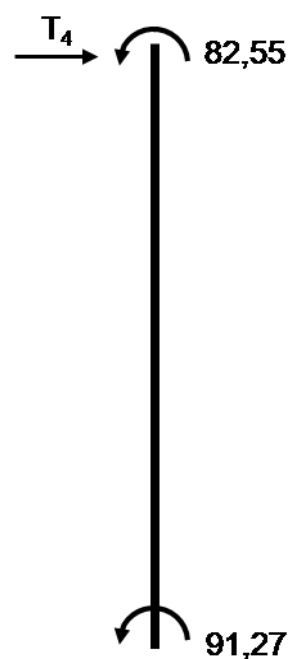
31





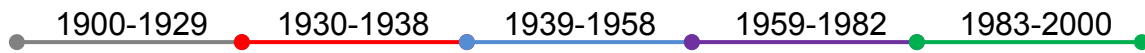
PILAR 1

$$T_3 = \frac{139,16\alpha + 269,59\alpha}{2} = 204,375\alpha$$



PILAR 2

$$T_4 = \frac{82,55\alpha + 91,27\alpha}{4} = 43,55\alpha$$



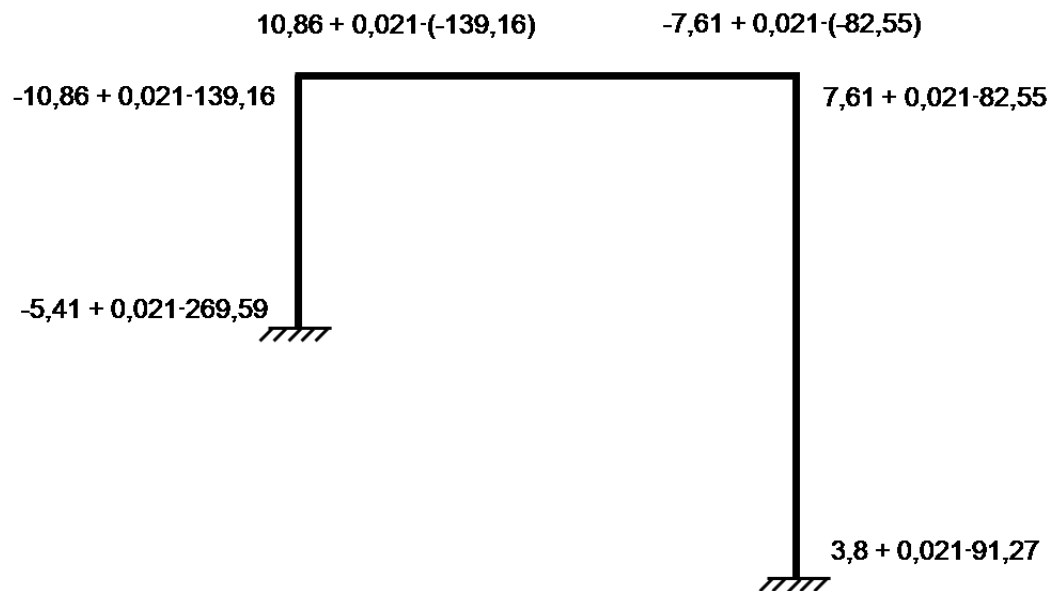
Aplicant novament l'equació d'equilibri



$$T_1 - T_2 - T_3 - T_4 = 0$$

Obtenim;

$$\alpha = 0,021$$

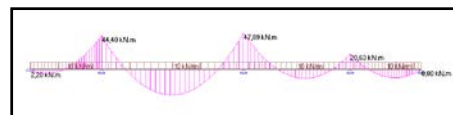


33

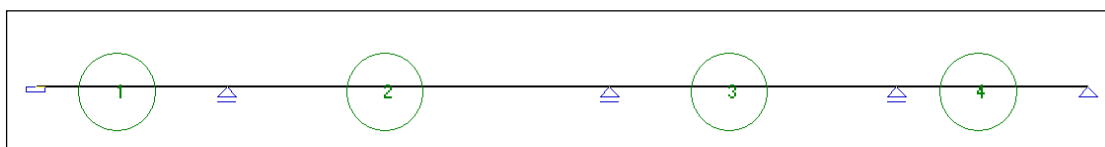
I per tant obtenim el valor dels moments que ens permetrà trobar el seu diagrama corresponent.



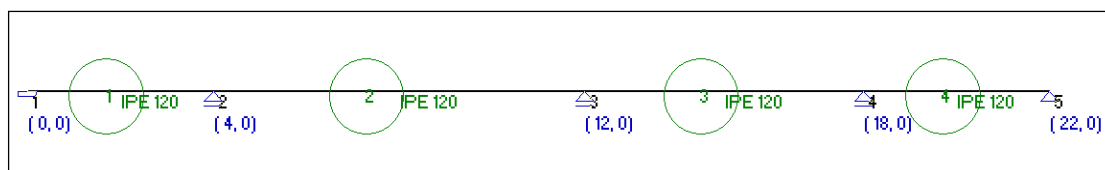
5. Mètode matricial



Discretització de l'estructura en elements barra.



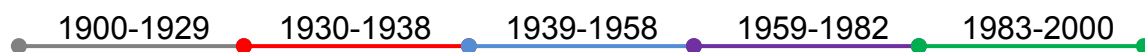
Numeració dels nodes, dels elements barra, i dels graus de llibertat nodal especificats respecte dels eixos de coordenades generals, amb el seu corresponent conveni de signes establert.



34

Establiment de les **matrius de rigidesa elemental** respecte als eixos de coordenades particulars dels elements barra de l'estructura. $[K'_e]$

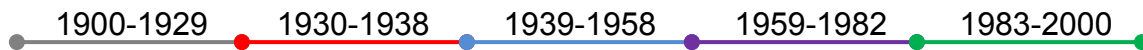
Matriu 1	1	2	3	4	5	6
1	4,73E+06	0,00E+00	0,00E+00	-4,73E+06	0,00E+00	0,00E+00
2	0,00E+00	2,66E+04	5,32E+06	0,00E+00	-2,66E+04	5,32E+06
3	0,00E+00	5,32E+06	1,42E+09	0,00E+00	-5,32E+06	7,09E+08
4	-4,73E+06	0,00E+00	0,00E+00	4,73E+06	0,00E+00	0,00E+00
5	0,00E+00	-2,66E+04	-5,32E+06	0,00E+00	2,66E+04	-5,32E+06
6	0,00E+00	5,32E+06	7,09E+08	0,00E+00	-5,32E+06	1,42E+09



Matriu 2	1	2	3	4	5	6
1	2,36E+06	0,00E+00	0,00E+00	-2,36E+06	0,00E+00	0,00E+00
2	0,00E+00	3,32E+03	1,33E+06	0,00E+00	-3,32E+03	1,33E+06
3	0,00E+00	1,33E+06	7,09E+08	0,00E+00	-1,33E+06	3,54E+08
4	-2,36E+06	0,00E+00	0,00E+00	2,36E+06	0,00E+00	0,00E+00
5	0,00E+00	-3,32E+03	-1,33E+06	0,00E+00	3,32E+03	-1,33E+06
6	0,00E+00	1,33E+06	3,54E+08	0,00E+00	-1,33E+06	7,09E+08

Matriu 3	1	2	3	4	5	6
1	3,15E+06	0,00E+00	0,00E+00	-3,15E+06	0,00E+00	0,00E+00
2	0,00E+00	7,88E+03	2,36E+06	0,00E+00	-7,88E+03	2,36E+06
3	0,00E+00	2,36E+06	9,45E+08	0,00E+00	-2,36E+06	4,73E+08
4	-3,15E+06	0,00E+00	0,00E+00	3,15E+06	0,00E+00	0,00E+00
5	0,00E+00	-7,88E+03	-2,36E+06	0,00E+00	7,88E+03	-2,36E+06
6	0,00E+00	2,36E+06	4,73E+08	0,00E+00	-2,36E+06	9,45E+08

Matriu 4	1	2	3	4	5	6
1	4,73E+06	0,00E+00	0,00E+00	-4,73E+06	0,00E+00	0,00E+00
2	0,00E+00	2,66E+04	5,32E+06	0,00E+00	-2,66E+04	5,32E+06
3	0,00E+00	5,32E+06	1,42E+09	0,00E+00	-5,32E+06	7,09E+08
4	-4,73E+06	0,00E+00	0,00E+00	4,73E+06	0,00E+00	0,00E+00
5	0,00E+00	-2,66E+04	-5,32E+06	0,00E+00	2,66E+04	-5,32E+06
6	0,00E+00	5,32E+06	7,09E+08	0,00E+00	-5,32E+06	1,42E+09

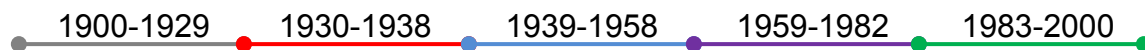


Determinació del **vector de càrregues nodals equivalents** de cada element barra segons els seus eixos particulars i respecte als generals. $\{p'_e\}$

1	0+ H
2	-2000+ V
3	-133333,33+ M
4	0
5	-6000+ V
6	-400000
7	0
8	-7000+ V
9	233333,3
10	0
11	-5000+ V
12	166666,67
13	0
14	-2000+ V
15	133333,33

36

Ensamblat de les matrius de rigidesa elemental a fi d'obtenir **la matriu de rigidesa global de l'estructura**. $[K_{EG}]$



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	4,73 E+06	0,00 E+00	0,00 E+00	- 4,73 E+06	0,00 E+00	0,00 E+00	0,00E+ 00	0,00E+ 00	0,00E+ 00	0,00E+ 00	0,00E+ 00	0,00E+ 00	0,00E+ 00	0,00E+ 00	0,00E+ 00
2	0,00 E+00	2,66 E+04	5,32 E+06	0,00 E+00	- 2,66 E+04	5,32 E+06	0,00E+ 00	0,00E+ 00	0,00E+ 00	0,00E+ 00	0,00E+ 00	0,00E+ 00	0,00E+ 00	0,00E+ 00	0,00E+ 00
3	0,00 E+00	5,32 E+06	1,42 E+09	0,00 E+00	- 5,32 E+06	7,09 E+08	0,00E+ 00	0,00E+ 00	0,00E+ 00	0,00E+ 00	0,00E+ 00	0,00E+ 00	0,00E+ 00	0,00E+ 00	0,00E+ 00
4	- 4,73 E+06	0,00 E+00	0,00 E+00	7,09 E+06	0,00 E+00	0,00 E+00	2,36E+ 06	0,00E+ 00	0,00E+ 00	0,00E+ 00	0,00E+ 00	0,00E+ 00	0,00E+ 00	0,00E+ 00	0,00E+ 00
5	0,00 E+00	- 2,66 E+04	- 5,32 E+06	0,00 E+00	2,99 E+04	- 3,99 E+06	0,00E+ 00	- 3,32E+ 03	1,33E+ 06	0,00E+ 00	0,00E+ 00	0,00E+ 00	0,00E+ 00	0,00E+ 00	0,00E+ 00
6	0,00 E+00	5,32 E+06	7,09 E+08	0,00 E+00	- 3,99 E+06	2,13 E+09	0,00E+ 00	- 1,33E+ 06	3,54E+ 08	0,00E+ 00	0,00E+ 00	0,00E+ 00	0,00E+ 00	0,00E+ 00	0,00E+ 00
7	0,00 E+00	0,00 E+00	0,00 E+00	- 2,36 E+06	0,00 E+00	0,00 E+00	5,51E+ 06	0,00E+ 00	0,00E+ 00	- 3,15E+ 06	0,00E+ 00	0,00E+ 00	0,00E+ 00	0,00E+ 00	0,00E+ 00
8	0,00 E+00	0,00 E+00	0,00 E+00	0,00 E+00	3,32 E+03	- 1,33 E+06	0,00E+ 00	1,12E+ 04	1,03E+ 06	0,00E+ 00	- 7,88E+ 03	2,36E+ 06	0,00E+ 00	0,00E+ 00	0,00E+ 00
9	0,00 E+00	0,00 E+00	0,00 E+00	0,00 E+00	1,33 E+06	3,54 E+08	0,00E+ 00	1,03E+ 06	1,65E+ 09	0,00E+ 00	- 2,36E+ 06	4,73E+ 08	0,00E+ 00	0,00E+ 00	0,00E+ 00
10	0,00 E+00	0,00 E+00	0,00 E+00	0,00 E+00	0,00 E+00	0,00 E+00	- 3,15E+ 06	0,00E+ 00	0,00E+ 00	7,88E+ 06	0,00E+ 00	0,00E+ 00	- 4,73E+ 06	0,00E+ 00	0,00E+ 00
11	0,00 E+00	0,00 E+00	0,00 E+00	0,00 E+00	0,00 E+00	0,00 E+00	0,00E+ 00	- 7,88E+ 03	- 2,36E+ 06	0,00E+ 00	3,45E+ 04	2,95E+ 06	0,00E+ 00	- 2,66E+ 04	5,32E+ 06
12	0,00 E+00	0,00 E+00	0,00 E+00	0,00 E+00	0,00 E+00	0,00 E+00	0,00E+ 00	2,36E+ 06	4,73E+ 08	0,00E+ 00	2,95E+ 06	2,36E+ 09	0,00E+ 00	- 5,32E+ 06	7,09E+ 08
13	0,00 E+00	0,00 E+00	0,00 E+00	0,00 E+00	0,00 E+00	0,00 E+00	0,00E+ 00	0,00E+ 00	0,00E+ 00	- 4,73E+ 06	0,00E+ 00	0,00E+ 00	4,73E+ 06	0,00E+ 00	0,00E+ 00
14	0,00 E+00	0,00 E+00	0,00 E+00	0,00 E+00	0,00 E+00	0,00 E+00	0,00E+ 00	0,00E+ 00	0,00E+ 00	0,00E+ 00	- 2,66E+ 04	- 5,32E+ 06	0,00E+ 00	2,66E+ 04	- 5,32E+ 06
15	0,00 E+00	0,00 E+00	0,00 E+00	0,00 E+00	0,00 E+00	0,00 E+00	0,00E+ 00	0,00E+ 00	0,00E+ 00	0,00E+ 00	5,32E+ 06	7,09E+ 08	0,00E+ 00	- 5,32E+ 06	1,42E+ 09



Introducció de les condicions forçades, eliminant de les corresponents files i columnes, per a obtenir **la matriu de rigidesa reduïda de l'estructura**. $[K_E]$

	4	6	7	9	10	12	15
4	7,09E+06	0,00E+00	-2,36E+06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
6	0,00E+00	2,13E+09	0,00E+00	3,54E+08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
7	-2,36E+06	0,00E+00	5,51E+06	0,00E+00	-3,15E+06	0,00E+00	0,00E+00
9	0,00E+00	3,54E+08	0,00E+00	1,65E+09	0,00E+00	4,73E+08	0,00E+00
10	0,00E+00	0,00E+00	-3,15E+06	0,00E+00	7,88E+06	0,00E+00	0,00E+00
12	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,73E+08	0,00E+00	2,36E+09	7,09E+08
15	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	7,09E+08	1,42E+09

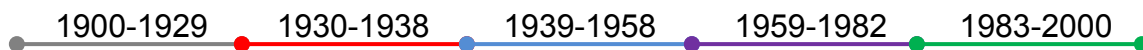
Determinació de **la matriu inversa de la rigidesa de l'estructura**. $[K_E]^{-1}$

38

1,7316E-07	0,00E+00	9,62E-08	0,00E+00	3,85E-08	0,00E+00	0,00E+00
0	4,89E-10	0,00E+00	-1,12E-10	0,00E+00	2,64E-11	-1,32E-11
9,62001E-08	0,00E+00	2,89E-07	0,00E+00	1,15E-07	0,00E+00	0,00E+00
0	-1,12E-10	0,00E+00	6,74E-10	0,00E+00	-1,59E-10	7,93E-11
3,848E-08	0,00E+00	1,15E-07	0,00E+00	1,73E-07	0,00E+00	0,00E+00
0	2,64E-11	0,00E+00	-1,59E-10	0,00E+00	5,35E-10	-2,68E-10
0	-1,32E-11	0,00E+00	7,93E-11	0,00E+00	-2,68E-10	8,39E-10

Determinació dels **corriments incògnits**. $\{\phi_E\}$

4	0,00E+00	9	1,86E-04
6	-2,19E-04	10	0,00E+00
7	0,00E+00	12	5,95E-06
9	1,86E-04		



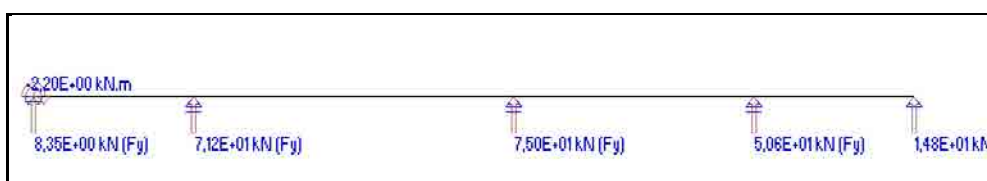
Determinació de les reaccions d'enllaç de l'estructura.

0,00E+00	=	0+ H
-1,17E+03	=	-2000+ V
-1,55E+05	=	-133333,33+ M
0,00E+00	=	0
1,12E+03	=	-6000+ V
-4,00E+05	=	-400000
0,00E+00	=	0
4,98E+02	=	-7000+ V
2,33E+05	=	233333,3
0,00E+00	=	0
6,15E+01	=	-5000+ V
1,67E+05	=	166666,67
0,00E+00	=	0
-5,16E+02	=	-2000+ V
1,33E+05	=	133333,33

39

Amb la qual cosa ja podem passar a obtenir la solució final.

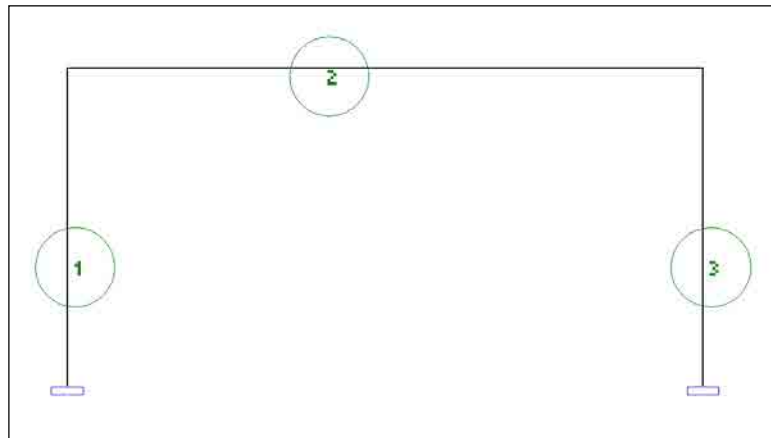
H	=	0,00E+00
V	=	8,35E+02
M	=	-2,20E+04
V	=	7,12E+03
V	=	7,05E+04
V	=	5,06E+03
V	=	1,48E+03



5. Mètode matricial

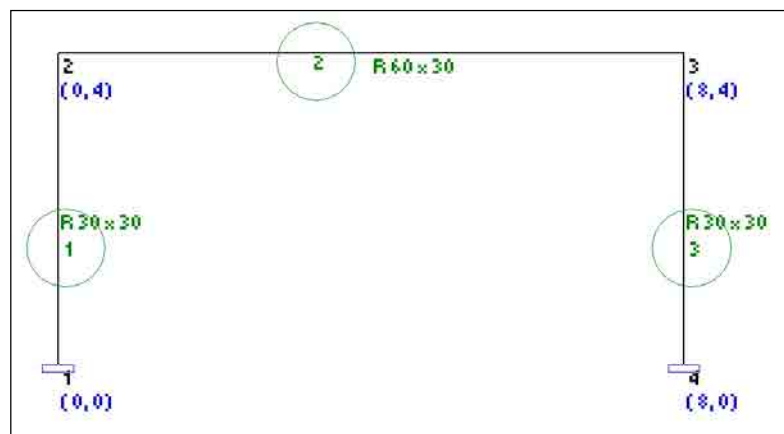


Discretització de l'estructura en elements barra.

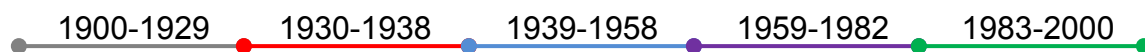


Numeració dels nodes, dels elements barra, i dels graus de llibertat nodal especificats respecte dels eixos de coordenades generals, amb el seu corresponent conveni de signes establert.

40



Establiment de les **matrius de rigidesa elemental** respecte als eixos de coordenades particulars dels elements barra de l'estructura. $[K'_e]$



Matriu 1	1	2	3	4	5	6
1	4,73E+06	0,00E+00	0,00E+00	-4,73E+06	0,00E+00	0,00E+00
2	0,00E+00	2,66E+04	5,32E+06	0,00E+00	-2,66E+04	5,32E+06
3	0,00E+00	5,32E+06	1,42E+09	0,00E+00	-5,32E+06	7,09E+08
4	-4,73E+06	0,00E+00	0,00E+00	4,73E+06	0,00E+00	0,00E+00
5	0,00E+00	-2,66E+04	-5,32E+06	0,00E+00	2,66E+04	-5,32E+06
6	0,00E+00	5,32E+06	7,09E+08	0,00E+00	-5,32E+06	1,42E+09

Matriu 2	1	2	3	4	5	6
1	2,36E+06	0,00E+00	0,00E+00	-2,36E+06	0,00E+00	0,00E+00
2	0,00E+00	6,64E+03	2,66E+06	0,00E+00	-6,64E+03	2,66E+06
3	0,00E+00	2,66E+06	1,42E+09	0,00E+00	-2,66E+06	7,09E+08
4	-2,36E+06	0,00E+00	0,00E+00	2,36E+06	0,00E+00	0,00E+00
5	0,00E+00	-6,64E+03	-2,66E+06	0,00E+00	6,64E+03	-2,66E+06
6	0,00E+00	2,66E+06	7,09E+08	0,00E+00	-2,66E+06	1,42E+09

Matriu 3	1	2	3	4	5	6
1	4,73E+06	0,00E+00	0,00E+00	-4,73E+06	0,00E+00	0,00E+00
2	0,00E+00	2,66E+04	5,32E+06	0,00E+00	-2,66E+04	5,32E+06
3	0,00E+00	5,32E+06	1,42E+09	0,00E+00	-5,32E+06	7,09E+08
4	-4,73E+06	0,00E+00	0,00E+00	4,73E+06	0,00E+00	0,00E+00
5	0,00E+00	-2,66E+04	-5,32E+06	0,00E+00	2,66E+04	-5,32E+06
6	0,00E+00	5,32E+06	7,09E+08	0,00E+00	-5,32E+06	1,42E+09



Determinació de la **matriu de rigidesa elemental** respecte dels eixos generals. $[K_e]$

Matriu 1

26578,13	0,00E+00	5,32E+06	-2,66E+04	0,00E+00	5,32E+06
0	4,73E+06	0,00E+00	0,00E+00	-4,73E+06	0,00E+00
5315625	0,00E+00	1,42E+09	-5,32E+06	0,00E+00	7,09E+08
-26578,1	0,00E+00	-5,32E+06	2,66E+04	0,00E+00	-5,32E+06
0	-4,73E+06	0,00E+00	0,00E+00	4,73E+06	0,00E+00
5315625	0,00E+00	7,09E+08	-5,32E+06	0,00E+00	1,42E+09

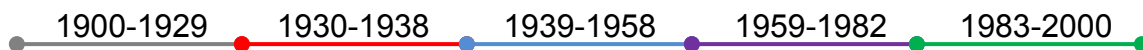
Matriu 3

26578,13	0,00E+00	-5,32E+06	-2,66E+04	0,00E+00	-5,32E+06
0	4,73E+06	0,00E+00	0,00E+00	-4,73E+06	0,00E+00
-5315625	0,00E+00	1,42E+09	5,32E+06	0,00E+00	7,09E+08
-26578,1	0,00E+00	5,32E+06	2,66E+04	0,00E+00	5,32E+06
0	-4,73E+06	0,00E+00	0,00E+00	4,73E+06	0,00E+00
-5315625	0,00E+00	7,09E+08	5,32E+06	0,00E+00	1,42E+09

42

Determinació del **vector de càrregues nodals** equivalents de cada element barra segons els seus eixos particulars i respecte als generals. $\{p'_e\}$

1	H
2	V
3	M
4	0,00E+00
5	-4,00E+03



6	-5,33E+05
7	0,00E+00
8	-4,00E+03
9	5,33E+05
10	H
11	V
12	M

Ensamblat de les matrius de rigidesa elemental a fi d'obtenir la matriu de rigidesa global de l'estructura. $[K_{EG}]$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	2,66E+04	0,00E+00	5,32E+06	-2,66E+04	0,00E+00	5,32E+06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
2	0,00E+00	4,73E+06	0,00E+00	0,00E+00	-4,73E+06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
3	5,32E+06	0,00E+00	1,42E+09	-5,32E+06	0,00E+00	7,09E+08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
4	-2,66E+04	0,00E+00	-5,32E+06	2,39E+06	0,00E+00	5,32E+06	2,36E+06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
5	0,00E+00	-4,73E+06	0,00E+00	0,00E+00	4,73E+06	2,66E+06	0,00E+00	-6,64E+03	2,66E+06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
6	5,32E+06	0,00E+00	7,09E+08	-5,32E+06	2,66E+06	2,84E+09	0,00E+00	-2,66E+06	7,09E+08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
7	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-2,36E+06	0,00E+00	0,00E+00	2,39E+06	0,00E+00	5,32E+06	2,66E+04	0,00E+00	5,32E+06
8	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-6,64E+03	-2,66E+06	0,00E+00	4,73E+06	-2,66E+06	0,00E+00	-4,73E+06	0,00E+00
9	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,66E+06	7,09E+08	-5,32E+06	-2,66E+06	2,84E+09	5,32E+06	0,00E+00	7,09E+08
10	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-2,66E+04	0,00E+00	5,32E+06	2,66E+04	0,00E+00	5,32E+06
11	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-4,73E+06	0,00E+00	0,00E+00	4,73E+06	0,00E+00
12	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-5,32E+06	0,00E+00	7,09E+08	5,32E+06	0,00E+00	1,42E+09



Introducció de les condicions forçades, eliminant les corresponents files i columnes, per a obtenir **la matriu de rigidesa reduïda de l'estructura**. $[K_E]$

	4	5	6	7	8	9
4	2,39E+06	0,00E+00	-5,32E+06	-2,36E+06	0,00E+00	0,00E+00
5	0,00E+00	4731645	2,66E+06	0,00E+00	-6,64E+03	2,66E+06
6	-5,32E+06	2657813	2,84E+09	0,00E+00	-2,66E+06	7,09E+08
7	-2,36E+06	0,00E+00	0,00E+00	2,39E+06	0,00E+00	-5,32E+06
8	0,00E+00	-6,64E+03	-2,66E+06	0,00E+00	4,73E+06	-2,66E+06
9	0,00E+00	2,66E+06	7,09E+08	-5,32E+06	-2,66E+06	2,84E+09

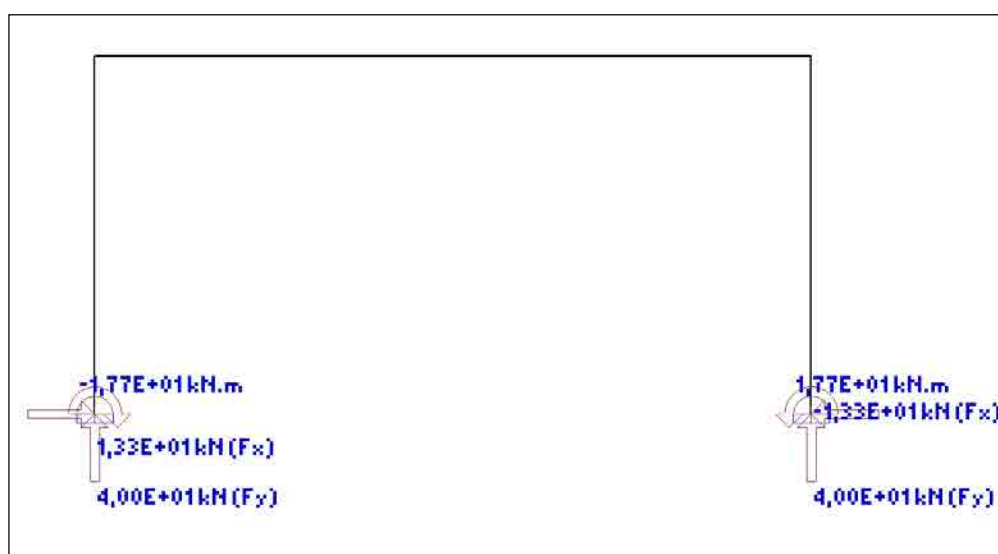
Determinació de **la matriu inversa de la rigidesa de l'estructura**. $[K_E]^{-1}$

2,70E-05	-4,53E-08	4,07E-08	2,68E-05	4,53E-08	4,01E-08
-4,53E-08	2,12E-07	-2,27E-10	-4,53E-08	4,25E-11	-2,27E-10
4,07E-08	-2,27E-10	4,38E-10	4,01E-08	2,27E-10	-3,38E-11
2,68E-05	-4,53E-08	4,01E-08	2,70E-05	4,53E-08	4,07E-08
4,53E-08	4,25E-11	2,27E-10	4,53E-08	2,12E-07	2,27E-10
4,01E-08	-2,27E-10	-3,38E-11	4,07E-08	2,27E-10	4,38E-10

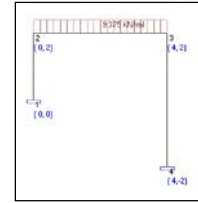
Determinació de **les reaccions d'enllaç** de l'estructura:

H	-1,33E+03
V	4,00E+03
M	-1,77E+05
H	1,33E+03
V	4,00E+03
M	1,77E+05

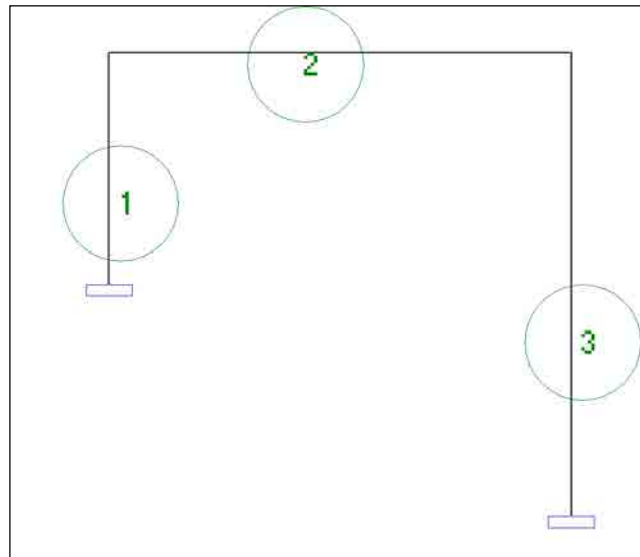
Amb la qual cosa ja podem passar a obtenir la solució final tot i comparant-la amb l'obtinguda amb el programari de l'apartat 0.



5. Mètode matricial

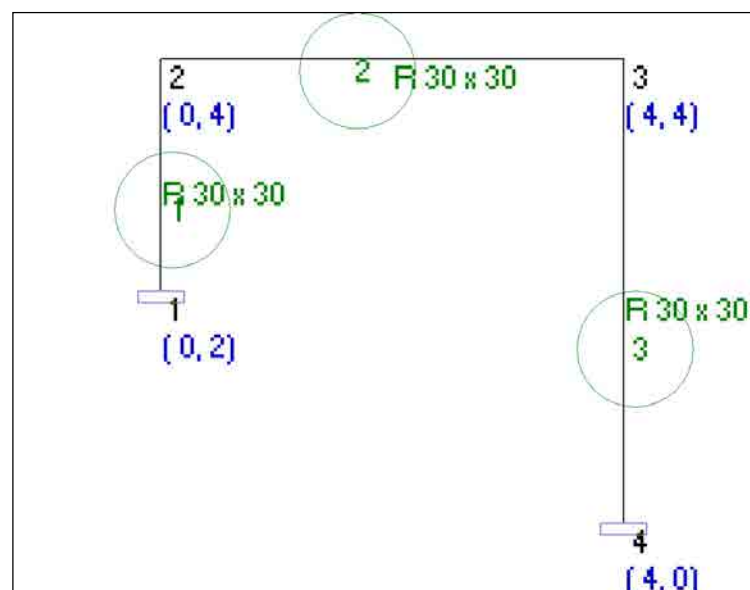


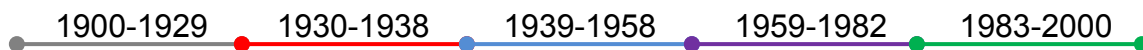
Discretització de l'estructura en elements barra.



46

Numeració dels nodes, dels elements barra, i dels graus de llibertat nodal especificats respecte dels eixos de coordenades generals, amb el seu corresponent conveni de signes establert.





Establiment de les **matrius de rigidesa elemental** respecte als eixos de coordenades particulars dels elements barra de l'estructura. $[K'_e]$

Matriu 1	1	2	3	4	5	6
1	9,45E+06	0,00E+00	0,00E+00	-9,45E+06	0,00E+00	0,00E+00
2	0,00E+00	2,13E+05	2,13E+07	0,00E+00	-2,13E+05	2,13E+07
3	0,00E+00	2,13E+07	2,84E+09	0,00E+00	-2,13E+07	1,42E+09
4	-9,45E+06	0,00E+00	0,00E+00	9,45E+06	0,00E+00	0,00E+00
5	0,00E+00	-2,13E+05	-2,13E+07	0,00E+00	2,13E+05	-2,13E+07
6	0,00E+00	2,13E+07	1,42E+09	0,00E+00	-2,13E+07	2,84E+09

Matriu 2	1	2	3	4	5	6
1	4,73E+06	0,00E+00	0,00E+00	-4,73E+06	0,00E+00	0,00E+00
2	0,00E+00	2,66E+04	5,32E+06	0,00E+00	-2,66E+04	5,32E+06
3	0,00E+00	5,32E+06	1,42E+09	0,00E+00	-5,32E+06	7,09E+08
4	-4,73E+06	0,00E+00	0,00E+00	4,73E+06	0,00E+00	0,00E+00
5	0,00E+00	-2,66E+04	-5,32E+06	0,00E+00	2,66E+04	-5,32E+06
6	0,00E+00	5,32E+06	7,09E+08	0,00E+00	-5,32E+06	1,42E+09

Matriu 3	1	2	3	4	5	6
1	4,73E+06	0,00E+00	0,00E+00	-4,73E+06	0,00E+00	0,00E+00
2	0,00E+00	2,66E+04	5,32E+06	0,00E+00	-2,66E+04	5,32E+06
3	0,00E+00	5,32E+06	1,42E+09	0,00E+00	-5,32E+06	7,09E+08
4	-4,73E+06	0,00E+00	0,00E+00	4,73E+06	0,00E+00	0,00E+00
5	0,00E+00	-2,66E+04	-5,32E+06	0,00E+00	2,66E+04	-5,32E+06
6	0,00E+00	5,32E+06	7,09E+08	0,00E+00	-5,32E+06	1,42E+09



Determinació de **la matriu de rigidesa elemental** respecte dels eixos generals. $[K_e]$

Matriu 1

212625	0,00E+00	2,13E+07	-2,13E+05	0,00E+00	2,13E+07
0	9,45E+06	0,00E+00	0,00E+00	-9,45E+06	0,00E+00
21262500	0,00E+00	2,84E+09	-2,13E+07	0,00E+00	1,42E+09
-212625	0,00E+00	-2,13E+07	2,13E+05	0,00E+00	-2,13E+07
0	-9,45E+06	0,00E+00	0,00E+00	9,45E+06	0,00E+00
21262500	0,00E+00	1,42E+09	-2,13E+07	0,00E+00	2,84E+09

Matriu 3

26578,13	0,00E+00	-5,32E+06	-2,66E+04	0,00E+00	-5,32E+06
0	4,73E+06	0,00E+00	0,00E+00	-4,73E+06	0,00E+00
-5315625	0,00E+00	1,42E+09	5,32E+06	0,00E+00	7,09E+08
-26578,1	0,00E+00	5,32E+06	2,66E+04	0,00E+00	5,32E+06
0	-4,73E+06	0,00E+00	0,00E+00	4,73E+06	0,00E+00
-5315625	0,00E+00	7,09E+08	5,32E+06	0,00E+00	1,42E+09

48

Determinació del **vector de càrregues nodals equivalents** de cada element barra segons els seus eixos particulars i respecte als generals. $\{p'_e\}$

1	H	7	0,00E+00
2	V	8	-1,88E+03
3	M	9	1,25E+05
4	0,00E+00	10	H
5	-1,88E+03	11	V
6	-1,25E+05	12	M



Ensamblat de **les matrius de rigidesa elemental** a fi d'obtenir la matriu de rigidesa global de l'estructura. $[K_{EG}]$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	2,13E+05	0,00E+00	2,13E+07	-2,13E+05	0,00E+00	2,13E+07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
2	0,00E+00	9,45E+06	0,00E+00	0,00E+00	-9,45E+06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
3	2,13E+07	0,00E+00	2,84E+09	-2,13E+07	0,00E+00	1,42E+09	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
4	-2,13E+05	0,00E+00	-2,13E+07	4,94E+06	0,00E+00	-2,13E+07	4,73E+06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
5	0,00E+00	-9,45E+06	0,00E+00	0,00E+00	9,48E+06	5,32E+06	0,00E+00	-2,66E+04	5,32E+06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
6	2,13E+07	0,00E+00	1,42E+09	-2,13E+07	5,32E+06	4,25E+09	0,00E+00	-5,32E+06	7,09E+08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
7	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-4,73E+06	0,00E+00	0,00E+00	4,75E+06	0,00E+00	-5,32E+06	-2,66E+04	0,00E+00	-5,32E+06
8	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-2,66E+04	5,32E+06	0,00E+00	4,75E+06	5,32E+06	0,00E+00	-4,73E+06	0,00E+00
9	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,32E+06	7,09E+08	-5,32E+06	-5,32E+06	2,84E+09	5,32E+06	0,00E+00	7,09E+08
10	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-2,66E+04	0,00E+00	5,32E+06	-2,66E+04	0,00E+00	5,32E+06
11	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,73E+06	0,00E+00	0,00E+00	4,73E+06	0,00E+00
12	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-5,32E+06	0,00E+00	7,09E+08	5,32E+06	0,00E+00	1,42E+09

49

Introducció de les condicions forçades, eliminant les corresponents files i columnes, per a obtenir **la matriu de rigidesa reduïda de l'estructura**. $[K_E]$

	4	5	6	7	8	9
4	4,94E+06	0,00E+00	-2,13E+07	-4,73E+06	0,00E+00	0,00E+00
5	0,00E+00	9476578	5,32E+06	0,00E+00	-2,66E+04	5,32E+06
6	-2,13E+07	5315625	4,25E+09	0,00E+00	-5,32E+06	7,09E+08
7	-4,73E+06	0,00E+00	0,00E+00	4,75E+06	0,00E+00	-5,32E+06
8	0,00E+00	-2,66E+04	-5,32E+06	0,00E+00	4,75E+06	-5,32E+06
9	0,00E+00	5,32E+06	7,09E+08	-5,32E+06	-5,32E+06	2,84E+09

Determinació de la matriu inversa de la rigidesa de l'estructura. $[K_E]^{-1}$

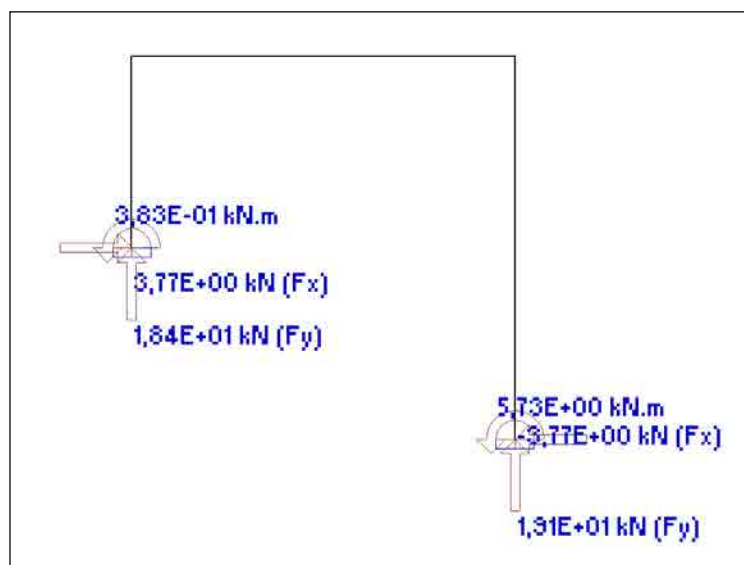
7,61E-06	-2,36E-08	3,73E-08	7,58E-06	4,72E-08	5,01E-09
-2,36E-08	1,06E-07	-2,19E-10	-2,37E-08	1,37E-10	-1,88E-10
3,73E-08	-2,19E-10	4,29E-10	3,71E-08	4,38E-10	-3,64E-11
7,58E-06	-2,37E-08	3,71E-08	7,75E-06	4,74E-08	5,40E-09
4,72E-08	1,37E-10	4,38E-10	4,74E-08	2,11E-07	3,75E-10
5,01E-09	-1,88E-10	-3,64E-11	5,40E-09	3,75E-10	3,73E-10

Determinació de les reaccions d'enllaç de l'estructura:

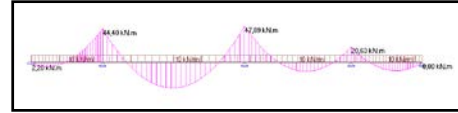
H	-3,77E+02
V	1,84E+03
M	3,83E+03
H	3,77E+02
V	1,91E+03
M	5,73E+04

50

Amb la qual cosa ja podem passar a obtenir la solució final tot i comparant-la amb l'obtinguda també amb el programari de l'apartat 0.



Mètode Kani



Com a darrer cas es mostra la resolució amb la metodologia de Kani. Tal i com s'ha comentat al BLOC IV aquest mètode guarda un cert paral·lelisme amb el corresponent de Cross. Per exemplificar-lo es resol l'exercici de la biga contínua.

Càlcul dels moments d'encastament perfecte M_{ik} .

$$M_{12} = \frac{1}{12}ql^2 = 13.333\text{kNm}$$

$$M_{23} = \frac{1}{12}ql^2 = 53.33\text{kNm}$$

$$M_{34} = \frac{1}{12}ql^2 = 30\text{kNm}$$

$$M_{45} = \frac{1}{8}ql^2 = 20\text{kNm}$$

51

Càlcul dels moments de subjecció

$$M_2 = -13.333 + 53.333 = 40\text{kNm}$$

$$M_3 = -53.333 + 30 = -23.333\text{kNm}$$

$$M_4 = -30 + 20 = -10\text{kNm}$$

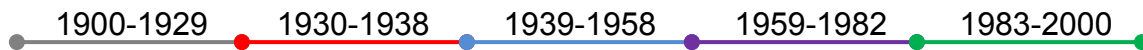
Càlcul de les rigideses K_{ij}

$$K_{12} = \frac{4EI}{L} = EI$$

$$K_{23} = \frac{4EI}{L} = 0.5EI$$

$$K_{34} = \frac{4EI}{L} = 0.667EI$$

$$K_{45} = \frac{3EI}{L} = 0.75EI$$



Càlcul dels factors de gir μ_{ij}

$$\mu_{21} = -\frac{1}{2} \frac{EI}{EI + 0.5EI} = -0.333 \quad \mu_{23} = -0.1666 \quad \sum(\mu_{21} + \mu_{23}) = -0.5$$

$$\mu_{32} = -\frac{1}{2} \frac{0.5EI}{0.5EI + 0.667EI} = -0.214 \quad \mu_{34} = -0.286 \quad \sum(\mu_{32} + \mu_{34}) = -0.5$$

$$\mu_{43} = -\frac{1}{2} \frac{0.667EI}{0.667EI + 0.75EI} = -0.236 \quad \mu_{45} = -0.264 \quad \sum(\mu_{43} + \mu_{45}) = -0.5$$

Inici del procediment

$$M'_{23} = -\mu_{23}(M_2 + M'_{32}) = -0.1666(40 + 0) = -6.666 \text{ kNm}$$

$$M'_{32} = -\mu_{32}(M_3 + M'_{23}) = -0.214(-23.333 - 6.666) = 6.41 \text{ kNm}$$

$$M'_{23} = -0.1666(40 + 6.41) = -7.73 \text{ kNm}$$

$$M'_{32} = -0.214(-23.333 - 7.73) = 6.648 \text{ kNm}$$

$$M'_{23} = -0.1666(40 + 6.648) = -7.777 \text{ kNm}$$

$$M'_{32} = -0.214(-23.333 - 7.777) = 6.65 \text{ kNm}$$

$$M'_{23} = -0.1666(40 + 6.65) = -7.774 \text{ kNm}$$

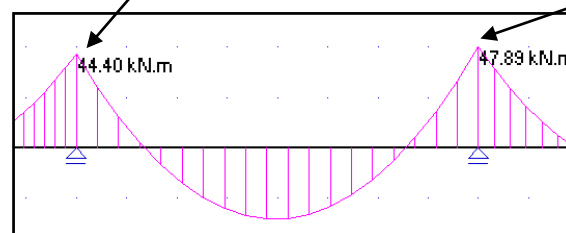
$$M'_{32} = -0.214(-23.333 - 7.774) = 6.65 \text{ kNm}$$

52

Per tant, aplicant la següent relació $M_{ik} = M_{ik} + 2M'_{ik} + M'_{ki}$ obtindrem els valors desitjats

$$M_{23} = 53.33 - 2 \cdot 7.774 + 6.65 = 44.43 \text{ kNm}$$

$$M_{32} = -53.33 + 2 \cdot 6.65 - 7.774 = -47.80 \text{ kNm}$$



Per trobar els altres valors dels moments no cal fer de nou el procediment ja que amb les relacions entre els nodes es poden trobar ràpidament.

Arribats a aquest punt, i un cop vistos els principals mètodes emprats al segle XX i mostrat la implementació dels mateixos, sembla lògic com es deia la comparació entre ells. Òbviament, malgrat es comparin tots en un exercici comú, no hem d'oblidar el context on s'aplicaren i per tant també és en funció d'allò que s'ha redactat als distints BLOCS que s'intentarà respondre la qüestió; quin ha estat el mètode (millor) del segle XX?.

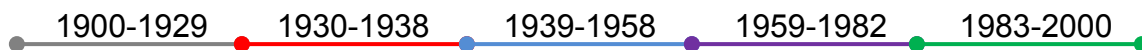
Pe fer-ho es presenta la següent taula que s'ha intentat emplenar amb els conceptes teòrics vistos així com amb l'experiència resolutiva dels exercicis que s'han presentat en aquest BLOC.

		Dificultat Formulació	Dificultat Matemàtica	Laboriositat Matemàtica ¹	Necessitat Estris Auxiliars
TRES MOMENTS		No	No	Sí	No
SLOPE DEFLECTION		No	No	Sí	No
KLEINLOGEL		-	-	-	Sí
CROSS	I	No	No	No	No
	T	Sí	No	No	No
MATRICIAL		No	Sí	Sí	Sí

En quant a **dificultat de formulació** es gosaria dir que els mètodes no n'han presentat. Cadascú te la seva particularitat, és cert, però no es pot considerar com a dificultat pròpiament dita. Potser esmentar que el Cross Translacional implicaria alguna lleu dificultat.

Pràcticament podem dir el mateix amb l'ítem de la **dificultat matemàtica**. Especialment remarcable en els quatre primers. Ara bé, encara que lleument, el mètode matricial implicaria algun coneixement no tant bàsic de càlcul

¹ Operativitat.



matemàtic. De fet, tots els llibres de càlcul matricial comencen amb l'àlgebra de matrius.

On s'ha cregut que sí que ja trobaríem aspectes remarcables és en la **laboriositat matemàtica**. Tant en el mètode dels tres moments com en el de les slope, tal i com hem vist, de seguida se'ns planteja un sistema d'equacions amb un nombre elevat d'incògnites. La seva resolució, en el cas de suposar que no es disposés de calculadores o bé instruments electrònics, implicaria un gran temps de càlcul. Temps que òbviament seria clau en el càlcul matricial, si no es disposés d'eines informàtiques per a la seva resolució. Aquest mètode, com s'ha justificat, també implica càlculs algebraics de canvi de base, producte de matrius, inversions de les mateixes, que per tant implicarien *-a priori-* un temps de càlcul molt elevat.

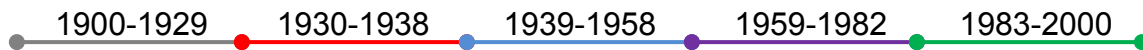
El darrer apartat comparat és de dels **elements auxiliars**. Els dos primers mètodes (tres moments i slope), en principi, no requerien cap estri. Evidentment, amb l'arribada de calculadores o ordinadors, el treball resolutiu s'ha simplificat, però no el de la formulació que continua essent el mateix.

54

El Kleinlogel, evidentment, en ser un llibre -promptuari és del tot necessari que el calculista disposi d'ell; i a més els quatre volums ja que podria ser que un dels casos que busqués es trobés en qualsevol dels mateixos. Aquesta seria al principal dificultat del mètode; en tot moment el calculista hauria de poder consultar la bibliografia i a més podria trobar-se un exemple que no estigués implementat.

També resulta clau, de fet insubstituïble, l'element auxiliar ordinador o eina electrònica en cas del càlcul matricial. Sense ell és pràcticament impossible la resolució del problema seguint aquest metodologia. Això no passaria, almenys de manera tant pronunciada, amb el mètode de Cross, especialment si seguim la frase del gran calculista Fernández Casado que com hem vist deia que "*un pedazo de papel y un lápiz bastan para acometer el análisis de **cualquier** estructura reticular*".

Per tant, a la pregunta formulada de quin es podria considerar com a millor mètode de càlcul del segle XX, gosaria dir que **el mètode de Cross**.



Òbviament, algun lector podria rebatre dient que el matricial. Cert és que aquest darrer obre el camp estructural a nous horitzons, potser impensables a principis i mitjans de segle. A més, considera l'escurçament i allargament de barres conseqüència de l'esforç normal. Es troba, però, amb la problemàtica d'haver de disposar d'eines informàtiques (cada vegada més potents). El mètode de Cross, a part que va representar un punt i a part en el món constructiu, permetia la resolució del problema estructural (potser més concret) però sense la necessitat de grans càlculs matemàtics ni d'elements auxiliars.

És en aquest aspecte, tot i contextualitzant els mètodes en el període del BLOC on els he ubicat, que gosaria dir que el **Cross** va representar aquest ressorgiment i ampliació del camp estructural amb més potència i vigor marcant profundament tota una disciplina i uns tècnics de la mateixa.



6.3. NORMATIVA OFICIAL

Igual que en l'apartat anterior, en aquest punt conclusiu fora bo intentar plantejar-nos molt breument què ha representat cada normativa així com intentar respondre quina ha estat la normativa més completa que trobem al segle XX.

Les primeres normatives, tal i com hem vist, estaven molt lligades a l'àmbit ferroviari. No són explícitament normatives metàl·liques amb caire constructiu sinó que van més adreçades a aquest entorn del món civil concret. Han sigut normatives que no han aportat molta informació. D'elles, però, en podem treure valors de pesos propis, accions i coeficients de treball.

No serà fins **l'any 1930** que podrem parlar de normativa com a tal. En aquesta norma ja es prescriuen les bases per al càlcul d'estructures metàl·liques, s'aprofundirà en conceptes com el vinclament (abans només mencionat) o la fatiga, alhora que es tabularan els materials amb els seus coeficients de treball més característics. També s'inclourà un aspecte molt important com és la disposició del projecte.

57

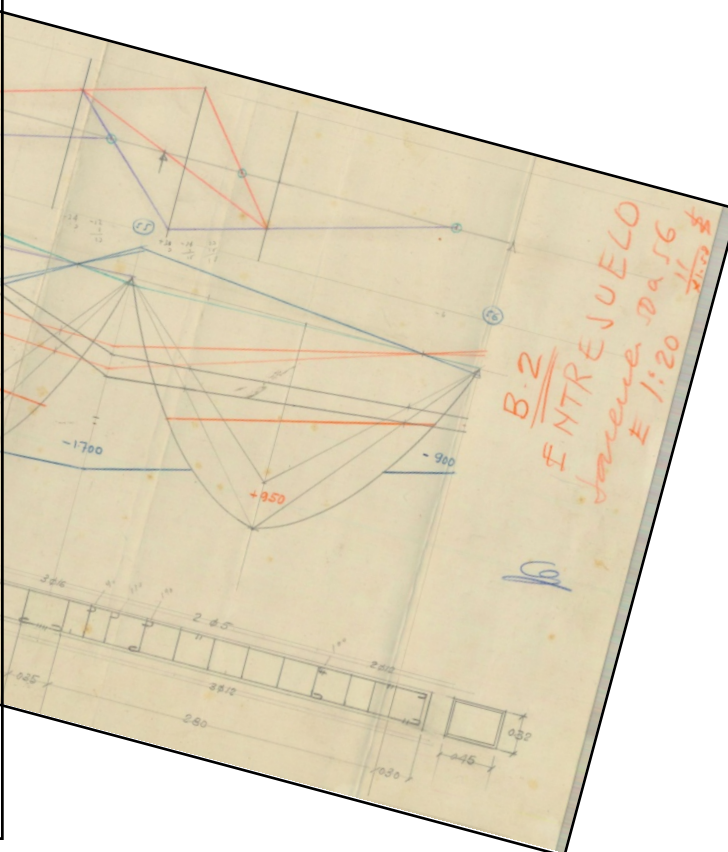
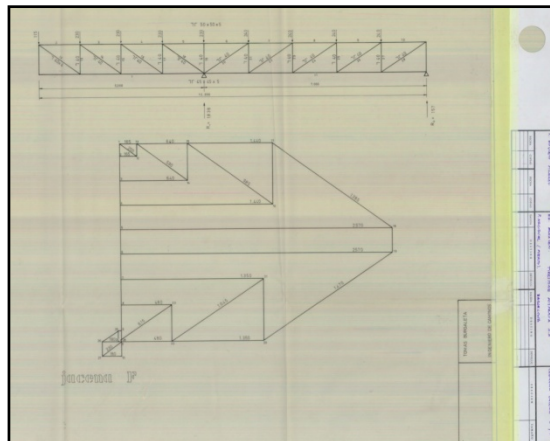
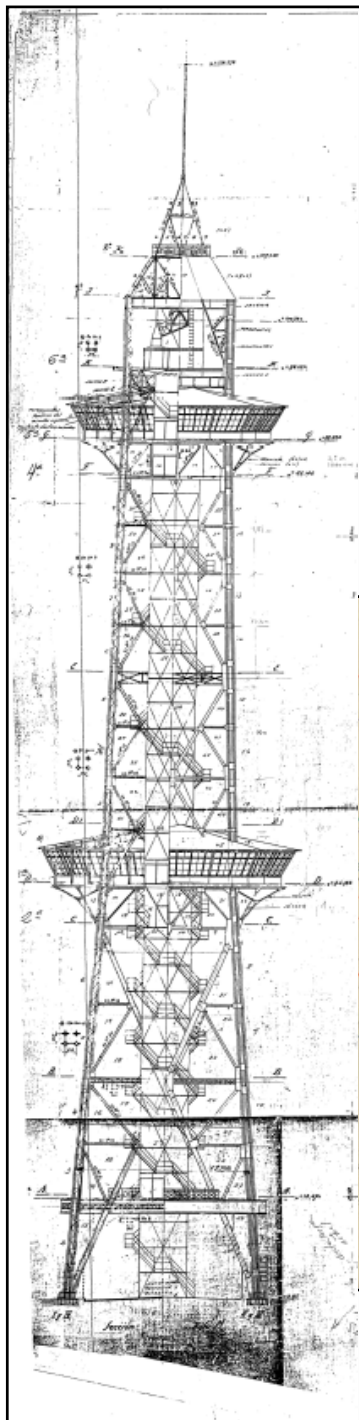
Aquesta normativa, tal i com s'ha justificat, hauria tingut una vigència molt més llarga que una dècada però els luctuosos fets de la guerra civil tingueren entre d'altres la repercussió de la publicació de les **normes de 1941**; les **normes restrictives**. Aquesta normativa, que durarà uns vint anys, ens prescriu tot un seguit d'ítems per a l'estalvi del material fèrric. Basant-nos en aquest fet podem dir que pròpiament no és una normativa, si més no tal i com s'ha entès i s'entén en l'actualitat, ja que limitava totalment el camp al projectista amb la única missió del l'estalvi del material fèrric. Indirectament, però, la normativa estava preconitzant l'ús, estudi i càlcul d'un altre material i que a l'estat espanyol tindrà un ressò fonamental; el formigó (armat).

Amb el *Desarrollismo*, la normativa -obsoleta- dona pas a un conjunt de normes- les conegudes **normatives M.V**- que novament retornaran la idea del què és una norma. Implementades per volums separats, donaran al calculista les eines fonamentals i bàsiques per a l'ús del material fèrric i que tingueren una importància cabdal en el ressorgiment industrial del país. Aquesta vigència durarà gairebé fins a final del segle XX ja que **la normativa EA-95** serà, tal i



com ella mateixa recull, una sistematització dels diferents llibrets tot i recollint-los en un de sol.

Així doncs, a tall de conclusió de tot el què s'ha vist, es gosaria respondre breument a la pregunta de la normativa més influent del segle XX dient que donaríem aquesta consideració no a una única norma (com abans s'ha fet amb el mètodes de càlcul), sinó a dues. Per un costat **la normativa de l'any 1930**, per tot el que va representar de primera norma rigorosa e innovadora conjuntament amb la vinculada a **la sèrie M.V.** per proporcionar al país gran part del cos normatiu tècnic necessari per al seu desenvolupament.



Arribats a aquest punt s'ha cregut interessant estudiar amb més profunditat algunes de les obres citades al treball alhora mostrant alguns dels aspectes citats en els diferents apartats dels BLOCS previs. S'ha intentat partir de materials d'època; siguin dels propis autors, de testimonis que varen estar presents en el moment inicial de l'obra, de testimonis periodístics o bé de material fotogràfic del moment.

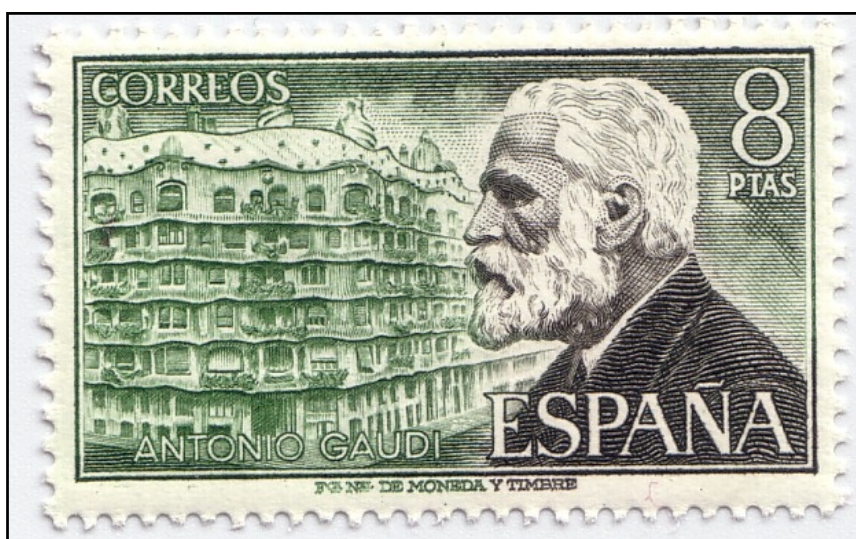
Les obres que s'han escollit han estat:

- **LA PEDRERA** (1906-1910).
- **EL DISPENSARI ANTITUBERCULÓS** (1934-1938).
- **L'ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA INDUSTRIALS DE BARCELONA** (1955-1964).

La motivació de la tria d'aquestes obres ve donada per diversos motius. Primer perquè ja dins del treball han tingut rellevància especial. També ve donada perquè durant el desenvolupament d'aquest estudi, s'han dirigit projectes finals de carrera o bé s'han desenvolupat articles en els qual directament o indirecta han estat motius d'anàlisi i per tant s'ha localitzat i analitzat la informació obtinguda. La seva consulta es pot fer al portal d'accés obert al coneixement de la UPC - UPCommons². I també es podria afegir que han representat en el seu moment un canvi tant en la concepció arquitectònica com estructural i són referents en abundant bibliografia.

Òbviament, tot i això també es podria adduir d'altres raons i haver-ne escollit unes altres perfectament vàlides. Amb aquest efecte s'inclou, amb el subtítol *algunes obres referents*, un seguit d'obres que també han tingut un ressò i una importància destacables.

² <http://upcommons.upc.edu/handle/123456789/1/simple-search?query=PONS+POBLET>



LA PEDRERA (1906-1910)

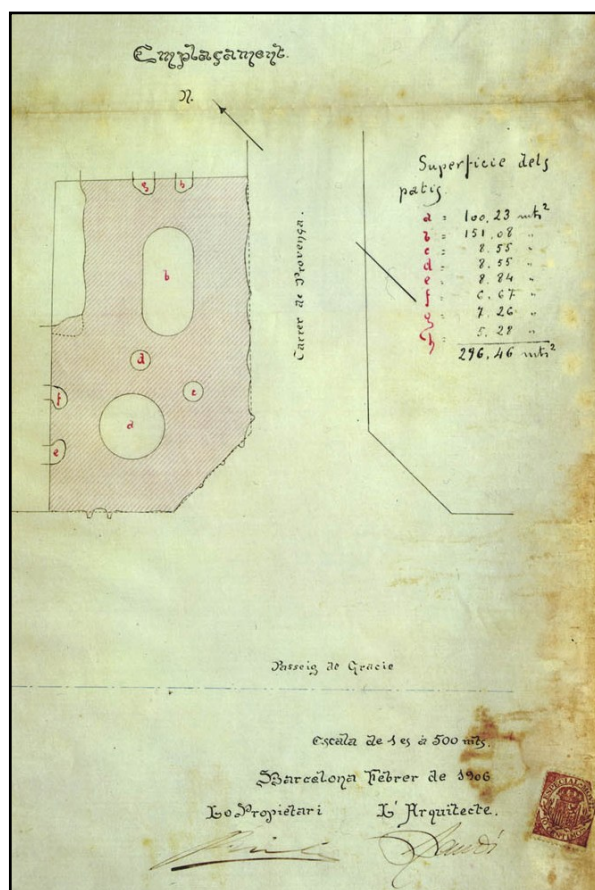
Su fe en que todo es posible aguantarlo con una estructura isostática, discontinua y heterogénea³.

Essent rigorosos hauríem de començar parlant de Can Milà (1906-1910) per referir-nos a la Pedrera. Considerada per alguns com l'obra mestra del genial arquitecte, després de la Sagrada Família, ha estat, és i serà un dels símbols de Barcelona. És immensa la bibliografia que d'ella se'n pot trobar i els estudis i consideracions que ha generat. Com és obvi, no és objecte del present estudi i per tant només ens referirem, bàsicament, a la part d'estructura metàl·lica que en ella s'hi pot trobar deixant els altres elements, tant arquitectònics com artístics, en un segon terme.

Situada a la cantonada del carrer Provença i el passeig de Gràcia (solar número 29), fou la quarta obra que l'arquitecte hi dissenyà⁴, en aquest cas, però, amb la particularitat que aquesta pertanyia, llavors, a la Vila de Gràcia.

Orígens de la Pedrera

El solar del passeig de Gràcia era propietat de Joan Antoni Ferrer-Vidal on s'hi trobava una torre que tenia soterranis, tres pisos i un terrat. La superfície ocupada feria 1835 metres quadrats.



³ El uso del hierro en la Casa Milá de Barcelona. Rafael Vila Rodríguez. <http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/viewArticle/143>

⁴ La primera fou la farmàcia Gibert (1879), la decoració d'una sala del bar Torino (1902) en fou la segona i la tercera la coneguda casa Batlló.

Roser Segimon, vídua en primeres noces d'un indià enriquit, Josep Guardiola i Grau, estava casada amb Pere Milà i Camps qui fou el que li feu comprar el solar per construir-hi una casa de pisos. La veritat és que segons reflecteixen escrits de l'època ell quedà meravellat de la casa que Antoni Gaudí estava construint per senyor Batlló amic seu personal; la casa Batlló.

El febrer de 1906 van presentar-se a l'ajuntament els plànols del projecte signats per Antoni Gaudí i es demanà el permís d'obra.

Can Milà és la darrera obra civil d'Antoni Gaudí abans de dedicar-se de ple a la Sagrada Família

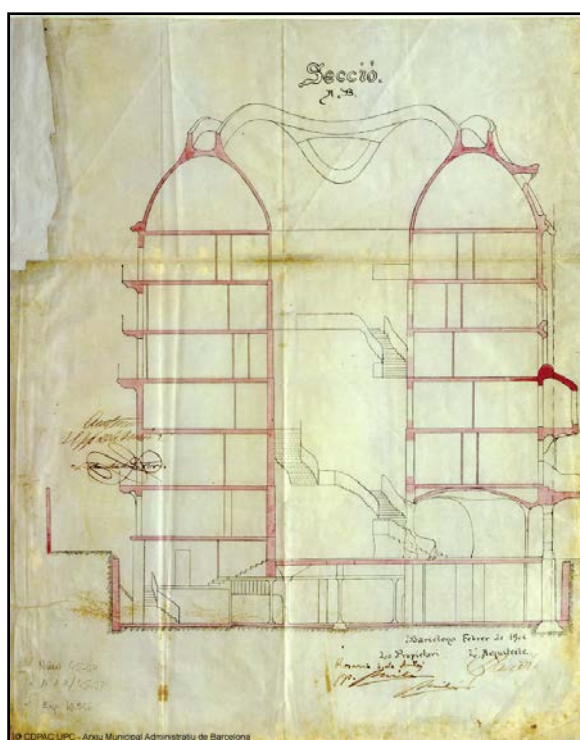


Figura 6.5 Detall secció⁵.

Estructura de la Pedrera

S'ha cregut convenient per parlar de l'estructura i de les característiques del procés constructiu que s'hi van dur a terme, prendre la informació de primera ma; en aquest cas del seu constructor; Josep Bayó Font⁶.

⁵ Secció : [Planta emplaçament] / Antoni Gaudí i Cornet. -- Barcelona, Febrer de 1906. -- 1 plànol: original a tinta i tractament de color sobre tela; 48 x 39 cm.

⁶ Josep Bayó Font (1878-1970).Constructor. Gaudí treballà amb ell també a la casa Batlló i al primer misteri de Glòria de Montserrat. Germà de l'arquitecte Jaume Bayó.

Sortosament s'ha trobat una entrevista⁷ enregistrada en la qual ell explica diferents actuacions que, sota el guiatge d'Antoni Gaudí, va dur a terme a Can Milà i que s'ha cregut important transcriure per que és la informació de primera mà de la qual partirem. És obvi que a l'entrevista parla de molts més aspectes, també molt interessants però que sortirien fora de l'abast d'aquest estudi en ser bàsicament d'aspectes arquitectònics i per tant queden emplaçats a la corresponent bibliografia.



Així doncs partirem d'aquesta entrevista per entreveure com fou concebuda, dissenyada i construïda la casa Milà. Al final de la mateixa, i amb ajut de fotografies i material bibliogràfic, es corroboraran les afirmacions que segueixen.

64

- *Bé, passem a la Casa Milà. Expliqui'm una mica la manera de treballar a base de plànols o croquis.*

- **Tot plànols...**

- *Els fonaments de la Pedrera eren fets amb pous o fent ponts invertits?*

- Únicament varem fer el desmunt i sobre el desmunt, pla com si fos el carrer. Llavors, el senyor Sugrañes i els que hi érem varem començar a tirar punts pels centres dels pilars. **Només hi ha pilars; no hi ha fonaments correguts.**

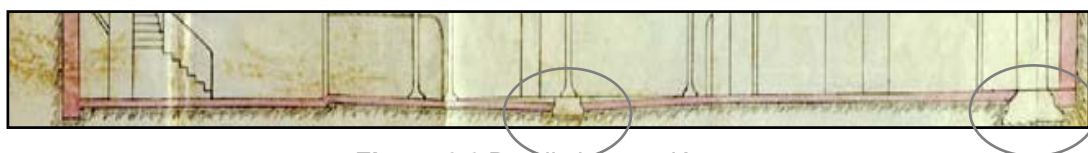


Figura 6.6 Detall cimentació.

⁷ **Josep Bayó Font, contractista de Gaudí / Joan Bassegoda Nonell.** Barcelona: Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona.

- *I quin terreny era aquell?*

- **Vermell, amb només 50 cm de fondària.** Jo em vaig esgarriar i vaig dir: “Aquesta *mole* l’hem de fer aquí damunt, només amb 50 cm de fonament?. És que ja en portem quatre de fets!”. La fondària del carrer de la casa, sota terreny vermell, d’aquell de fer totxos, de bona argila. Vaig preguntar de què ompliríem les rases, perquè **aleshores el formigó no s’estilava molt i es feia tot amb pedra de Montjuïc**, tal com van fer la porta de la Sagrada Família. Perquè, al davant, tot és fet amb pedra de Montjuïc, més grossa o més petita amb esquerdes. Una paletada de morter de calç i una altra d’esquerda, i tot amb fusteria vulgar.

Vaig dir: “Això només per aguantar aquesta gran casa?”. I el meu germà em va dir: “Tu muts i endavant.”

- *Aleshores, sobre aquests senzills fonaments van començar a situar els peus drets? Quins tipus de pilars van fer?*

- Els croquis ens indicaven els diàmetres i els centres. Aleshores varem anar pujant els peus drets i al damunt, les bigues. Els **pilars superiors recolzaven sobre les bigues de ferro. Hi havia pilars de pedra.**

A baix, al soterrani, pocs; tots es van fer d’obra ja que ens feia **aprofitar l’obra que havia sortit de l’enderroc de la torre Ferrer Vidal**. Els totxos es trencaven per davant amb l’escarpa, la maceta, la paleta o com fos, però que quedés ben granellut perquè els arrebossats s’hi havien d’agafar.

- *On es feien les proves de resistència dels pilars?*

- A la casa Hermenegild Miralles, el fabricant de culs de cadira adornats amb flors i altres coses com cartró, etc., per bé que jo no hi vaig anar mai. Únicament vaig manar fer les provetes de totxo o de pedra en forma de cubs, tal com em digueren. Aquestes provetes les portaren a la casa Miralles, que tenia **la premsa més forta de Barcelona, i allí feren les proves de resistència.**

El fotògraf, el senyor Sugrañes o no sé qui anaven amb la màquina i un feia les fotos, **l’altre apuntava la resistència, els milers de quilos.** Malgrat ser la premsa tan poderosa, al final es va trencar en una de les proves. Una vegada, un cop situada la proveta, van baixar el plat de la premsa; el maquinista augmentà la força, però el plat no baixava més i, tot d’un plegat, plam!.

Es trencà perquè no s'havia adonat que el plat topava amb un cargol que l'aturava i, fins que la premsa no va tenir prou força per trencar el cargol, el plat no va baixar. Això m'ho va explicar no sé si en Canaleta o en Sugrañes.

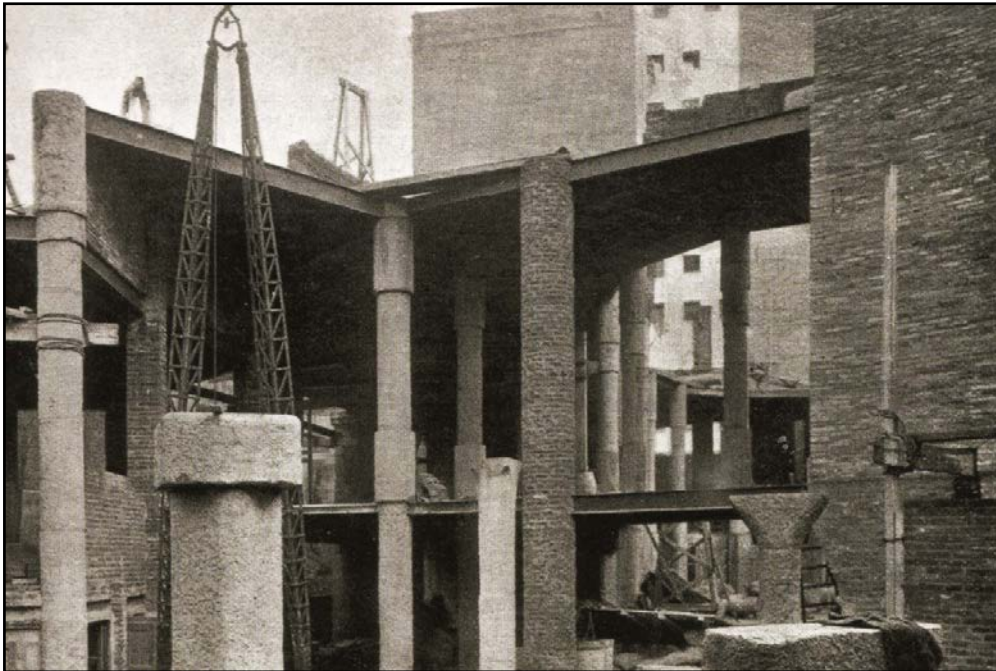


Figura 6.7 Detall construcció.

- *Als pisos els pilars eren de pedra i alternaven amb els d'obra?*
- **Pedra i totxo.** Els interiors, de totxo, perquè hi havien d'anar adaptats els cels rasos de guix i els envans havien de lligar- ho, però els de la façana als patis eren de pedra de Montjuïc. Els col·locàrem mitjançant la càbria que jo vaig fer.
- **L'estructura és de pilars.** No hi ha parets?
- **No, no hi ha parets**, només n'hi ha a les caixes d'escala.
- *Els forjats, com els van fer?*
- Els dels sostres? **Normals: revoltons amb els seus llistons** i després aplanats amb material.



Figura 6.8 Detall constructiu.

- *I les bigues són totes de ferro?*

- Sí, i a cada pis hi ha de 40 a 42 tones de ferro.

- *Qui el subministrava el ferro?*

- Les biguetes no ho sé, però els ferros corbats, arreglats, amb angles, etc., venien dels **Astilleros Morell, de la Barceloneta**. En aquests tallers van fer fins i tot el ferro corbat de les tribunes i el portaven corbat matemàtic. Ho feien molt bé, amb les premses que tenien per a fer les planxes metàl·liques dels vaixells. **Posaven les jàsseres a les premses i les doblegaven fins que tenien la mida desitjada.**

- *Els manyans també vingueren d'aquest lloc?*

- Sí, però es limitaren a escalfar els **reblons** perquè a **Can Milà** només hi ha **reblons i rosques** per a rematar els extrems. Llavors posaven el

cargol, collaven i amb la clau anglesa estrenyien pels extrems en els racons on no podien maniobrar amb el martell.



Figura 6.9 Detall construcció.

- *L'anella que aguanta el pati circular com es va muntar? Es posà un sistema de cavallets per aguantar-la?*

- Sí, un cavallet amb uns peus i uns sotapeus, i quan tot estigué anivellat i tot consonava, llavors es posaren els cargols. El manyà feia: "Estreny aquest, tu també, tu també." I tot ho van casar alhora. **I com que es recolzaven només en la testa de les columnes**, les bigues que feien de plat, tot venia bé per igualar.

- *Els soterranis estaven destinats a garatges i trasters?*

- Aquell soterrani es va fer pensant en els cavalls i les egües ja que els automòbils tot just començaven. Per aquesta raó es va fer un lloc per a dos cavalls, per a un cotxe tipus berlina, i després un departament per a un automòbil, però va anar desapareixent l'ús de cavalls i de cotxers i els

boxes preparats amb separacions de fusta fets per en Casas es van suprimir i tot restà com a garatge.

- *Molt bé, tenim els fonaments, l'estructura que és solament de pilars, els trespols que són de ferro; ara toca la façana. Com està feta i de quina pedra?*

- Hi ha **dues pedres: la calcària i la tova, la groga**. L'arenisca, que és aquella que treballàvem amb uns formadors i serràvem.

- *La de la façana, no és aquella que en diuen de Castelldefels?*

- Sí, però si no duia càrrega ho fèiem amb pedra groga. De pedra de Girona, no en vam gastar; només vam fer la columna de Can Batlló de granit de la costa de Vilassar o Premià. **A Can Milà tot és pedra de Calaf i de Castelldefels, o sigui, la pedra calcària i la groga o tova**, que en dèiem nosaltres.

- *Com estan lligades les pedres amb els trespols? O són independents?*

- **Treballen com un arc. Darrere hi ha unes jàsseres que fan de 28 a 30 cm.** i aquestes jàsseres tenien darrere uns tirants d'angles i davant un tros d'angle que feia d'àncora i, al mateix temps que aquella pedra treballava com a dovella, ho feia com a tirant.



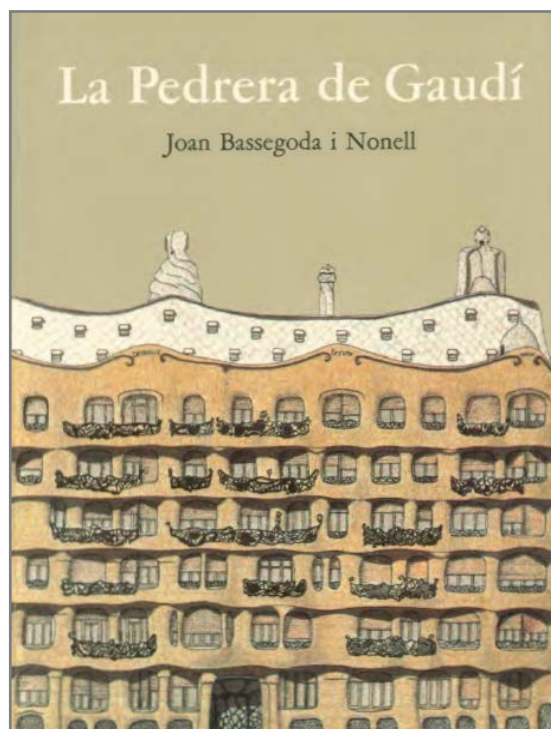
Figura 6.10 Detall ancoratges.

- *I les biguetes s'entregaven a les jàsseres?*
- **Els angles que servien de tirants venien enquadrats amb aquestes jàsseres** segons com venien les pedres.
- *I com s'encastaven a la pedra? Amb un ganxo?*
- **Amb un tros d'uns 20 cm que estava rematxat a la testa de l'angle.**
- *O sigui, que **estava empotrat dins** de la pedra?*
- Això és, massissada amb ciment, feia com una mena de forquilla i aguantava el balanç a la vegada. Per cert, que en acabar ens trobàrem que quan ho teníem tot enllestit, abans de treure la bastida, don Anton va dir: "No toquis res fins que t'ho digui, perquè vull fer retocar alguna pedra pel picapedrer".

Fins aquí transcrivim part de la interessant entrevista feta a Josep Bayó tot i remetent al lector interessat a la mateixa per veure la globalitat de la concepció i implementació de la casa Milà. S'ha assenyalat amb traç negre aquells aspectes que, tot i havent-los tractat teòricament en les explicacions prèvies, aquí podem constatar la seva aplicació pràctica.

70

Un altre document que s'ha cregut important considerar (dels moltíssims que existeixen dins la bibliografia gaudiniana) és el llibre del professor Joan Bassegoda i Nonell⁸ dedicat exclusivament a la Pedrera i editat per la Fundació Caixa de Catalunya l'any 1987. El considero com un llibre fonamental doncs, tot i inserint Can Milà dins el món d'en Gaudí, mostra amb detall des de la concepció i construcció de la mateixa fins els



⁸ Joan Bassegoda Nonell (1930-2012).

darrers acabats modernistes que hi podem trobar en ella tot i passant a mostrar exhaustivament l'estudi fet pels diferents artistes que en ella hi treballaren. Bassegoda confirma i corrobora el citat per en Bayó tot i afegint-hi aspectes propis del món arquitectònic. Cal recordar que Joan Bassegoda fou un notable arquitecte fill d'una també insigne nissaga⁹. Es recomana per tant, a un lector interessat en aquesta obra gaudiniana, la seva lectura i la bibliografia que ell mateix recomana. Tot i això, sembla important destacar un reflexió que ell mateix fa:

No hi hauria cap problema, segons Gaudí, que en un futur es convertís en un hotel, ja que **no te parets de carrega**.

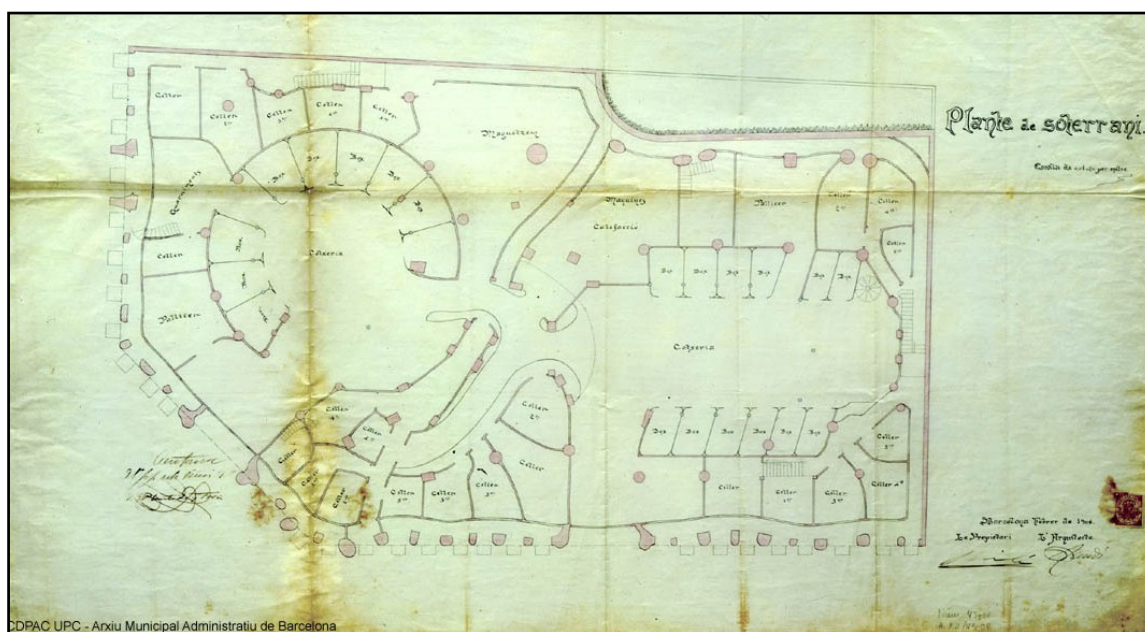


Figura 6.11 Detall planta soterrani¹⁰.

Entraríem en una interessant discussió del model gaudinià versus el de planta lliure propugnada per Le Corbusier a partir de 1915 que quedaria fora del nostre abast.

⁹ Fill de Bonaventura Bassegoda i Musté i nét de Bonaventura Bassegoda Amigó.

¹⁰ **Planta baixa : Secció longitudinal / Antoni Gaudí i Cornet.** -- Escala Escala de 0,01 m. per metre<1. -- Barcelona, Febrer de 1906. -- 1 plànol: Original a tinta i tractament de color sobre tela; 45 x 78,5 cm.

Arribats a aquest punt podem concloure, atenent a la valuosa informació d'en Josep Bayó, així com de imatges que s'han obtingut, que **l'estructura** principalment es deu a l'existència de pilars interior i jàsseres així com una façana autoportant de pedra connectada amb l'estructura interior amb bigues metàl·liques corbades.

Referent al **mètode de càlcul** emprat, no existeix cap document, ni cap font (personal o escrita) que indiqui com fou calculada. Tot i això, atenent a la metodologia de l'època i a d'altres documents de Gaudí, ens fa pensar que fou concebuda amb **càlculs d'estàtica gràfica** i amb l'ús de les **fórmules fonamentals del càlcul isostàtic**.



Figura 6.12 Detall construcció.

Segons la imatge¹¹ s'aprecia el sistema de forjats amb jàsseres i biguetes de ferro laminat, revoltons a la catalana i pilars de ferro colat amb capitell de pedra.

¹¹ Planta baixa de Can Milà durant unes reformes fetes el 1967. Font: La Pedrera de Gaudí. Joan Bassegoda i Nonell.

Un altre aspecte digne de consideració és el de la façana amb el qual concloem el nostre estudi;

La solució no deixa de ser intuïtiva i clara. Nuevamente aparece aquí un Gaudí pragmático que usa el material como le interesa: **el hierro es hábilmente utilizado a flexión y tracción**, trabajos para los que es más idóneo; también la piedra -material que conoce muy bien- es utilizada muy coherentemente en relación con su forma y su trabajo y sus características.

La piedra compacta está tratada en una zona donde la plasticidad se mueve sobre el plano vertical y no existen grandes empujes horizontales. La piedra no los soportaría y, dadas sus características, hubiera sido muy difícil colocar los anclajes metálicos que se dispusieron en las plantas superiores, donde se usó una piedra mucho más maleable¹².

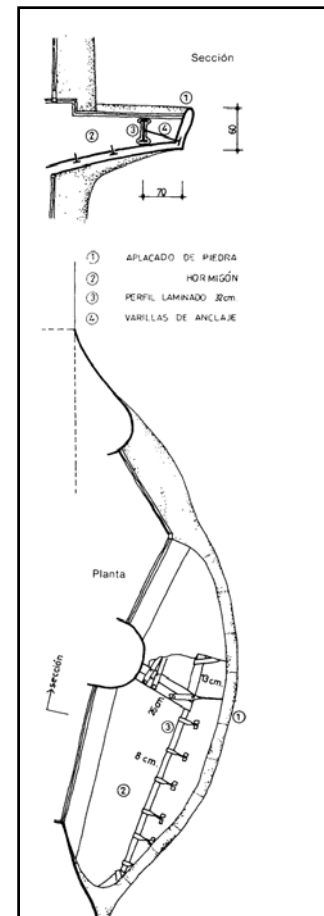


Figura 6.13 Detall construcció.

¹² El uso del hierro en la Casa Milà de Barcelona. Rafael Vila Rodríguez.

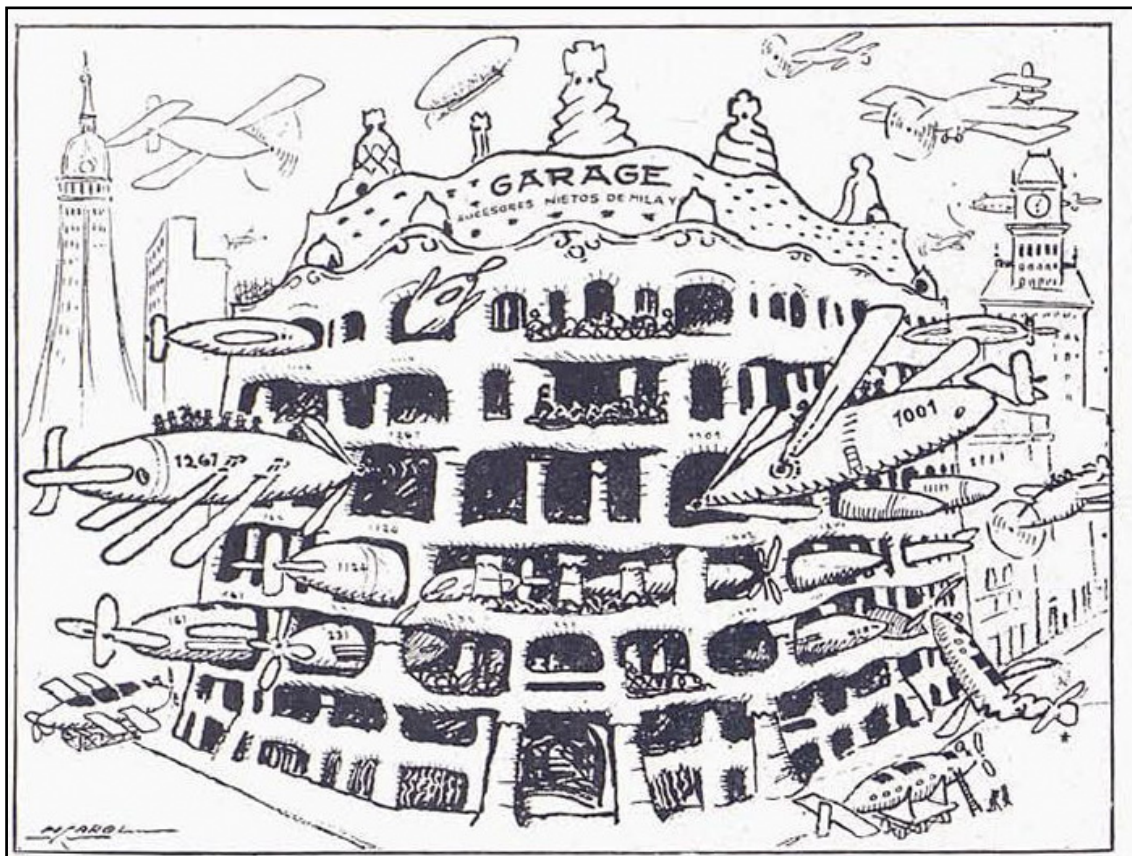


Figura 6.14 Visió de la Pedrera¹³.

¹³ Font: L'Esquella de la Torratxa, 4 de gener de 1912.



EL DISPENSARI ANTITUBERCULÓS (1934-1938)

El dispensari antituberculós obra de Josep Lluís Sert¹⁴, Joan Baptista Subirana¹⁵ i Josep Torres Clavé¹⁶ fou construït entre els anys 1933 i 1937 esdevenint una de les obres més representatives de l'anomenada arquitectura moderna conjuntament amb la Casa Bloc.

Ubicat a un solar cedit per la casa de la Caritat de Barcelona *que tant treballa per la beneficència de la nostra ciutat i que te l'honor de contribuir amb entusiasme a aquesta creuada de la lluita antituberculosa.*

Serà precisament, l'augment d'aquesta malaltia, la tuberculosi, la que impulsarà al govern de la Generalitat la construcció del dispensari amb urgència.

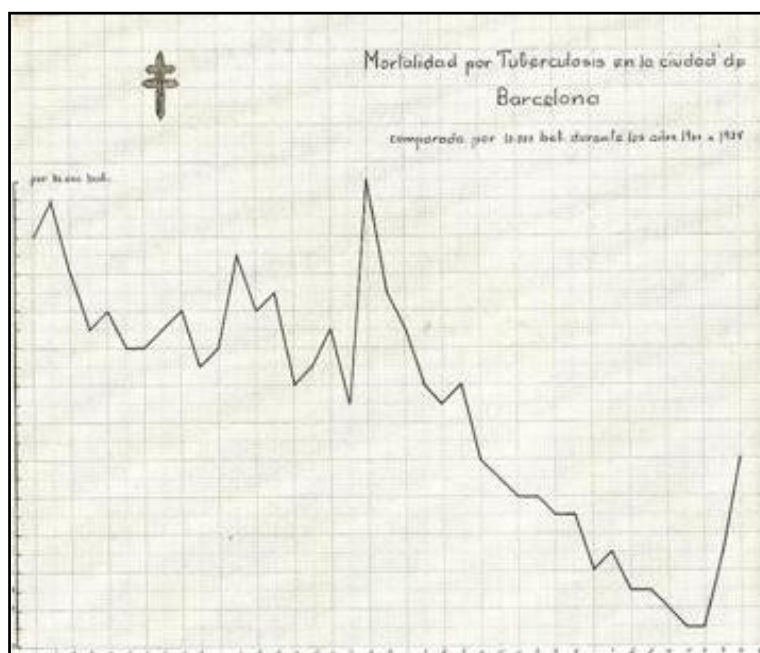


Figura 6.15 Mortalitat per tuberculosi a Barcelona (1900-1938)

Novament ens trobem amb el binomi estructura metàl·lica – rapidesa que tant s'anirà repetint en moltes obres.

¹⁴ Josep Lluís Sert (1902-1983)

¹⁵ Joan Baptista Subirana (1904-1978)

¹⁶ Josep Torres Clavé (1906-1939)

La solució arquitectònica (molt acurada e innovadora) proposada pels arquitectes -membres del G.A.T.P.A.C.¹⁷, ha esdevingut motiu de nombrosos estudis i treballs tal i com la múltiple bibliografia existent demostra. Tot i això, com en l'estudi anterior, ens referirem especialment als temes estructurals i de construcció que són els que s'estudien bàsicament en aquest treball.

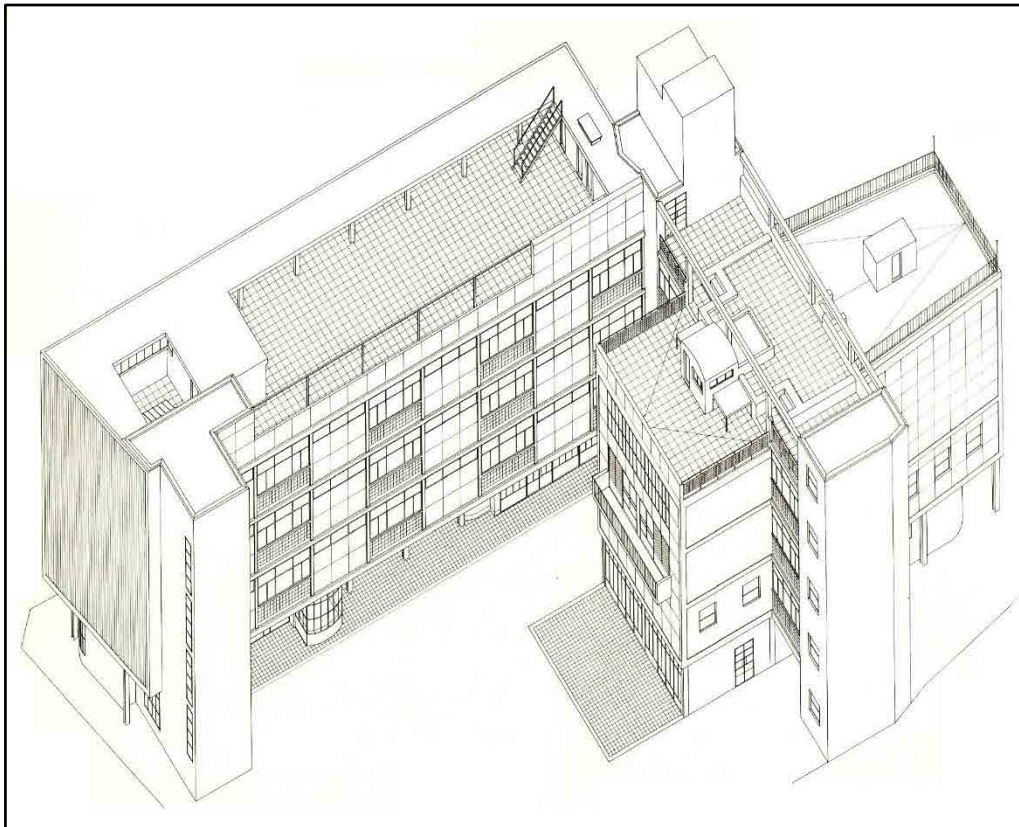


Figura 6.16 Axonometria del Dispensari Antituberculós.

¹⁷ G.A.T.P.A.C. L'anomenat G.A.T.P.A.C. (Grup d'Arquitectes i Tècnics Catalans per al progrés de l'Arquitectura Contemporània) fou una associació creada l'any 1929 a Barcelona per uns arquitectes que volien impulsar una arquitectura moderna. Sert i Torres en foren uns dels més destacats.

S'ha cregut que la millor manera de presentar el dispensari fora per mitjà del material periodístic de l'època -com s'ha fet amb la Casa Milà- així com de la informació trobada en la seva memòria tal i com la redactaren els arquitectes.

Página 4.—Jueves 14 septiembre 1933 LA VANGUARDIA

INFORMACION CATALANA

El futuro Dispensario Antituberculoso de la calle de Torres Amat

Ayer por la mañana visitó el Presidente de la Generalidad los locales de la calle de Torres Amat, donde estuvieron instalados los servicios funerarios de la Casa de Caridad, los cuales serán derruidos para construir en el solar resultante el Dispensario Central de Lucha Antituberculosa, a pesar de las naturales protestas del vecindario.

Asistieron al acto, a más del señor Macià, los señores Aguadé, Dencás, Battestini, Sayé, Seix y la doctora Shelton, el arquitecto de la G. A. T. E. P. A. C., señor Sert; el constructor señor Masana, el jefe de ceremonial, señor Rubí; el señor Sucre y los representantes de la Prensa local.

El señor Macià llegó acompañado de su secretario, señor Alavedra, y, después de los saludos de rúbrica, examinó detenidamente el proyecto, cuyas características principales le fué detallando el señor Sert, mientras el señor Sayé daba la explicación técnica.

El edificio, que será de grandes proporciones y de factura moderna, quedará aislado de los edificios que lo circundan por una línea de jardines y todas las fachadas serán abrigadas para impedir inscripciones.

Constará de tres pisos y terrado, en el que se instalará un espléndido solarium con todos los adelantos modernos.

En la planta baja quedará instalada la recepción del público, con las debidas separaciones, por categorías, basadas en el grado de curación, y los gabinetes de radiografía y laboratorio, quedando unido a los otros por dos escaleras y los montacargas correspondientes.

En los otros pisos se instalarán los despachos para el director y los diez médicos adscritos y los servicios de desinfección, biblioteca y fichero, en el que se podrán expedir 10.000 fichas al año, habiendo un archivo para las mismas, en el que se podrán conservar las de 80 años.

En el proyecto figura también la prolongación de la calle de Torres Amat, supeditada a la demolición del Hospital Militar, para facilitar el acceso al Dispensario.

El señor Macià elogió la labor de todos y se interesó por las obras, que le dijeron empiezan mañana y quedarán terminadas en seis meses, a partir de la fecha en que se acabe la demolición de lo antiguo.

Los concurrentes fueron obsequiados con un lunch, derivando la conversación hacia los resultados obtenidos contra la tuberculosis en las naciones que han entablado esta lucha, especialmente en Inglaterra y los Estados Unidos, donde esta cruel enfermedad, que ocupaba el primer lugar, ha pasado al tercero, existiendo sobrante de camas en los Sanatorios.

A la una y media terminó el acto, saliendo muy complacido el señor Macià y todos los concurrentes.

Figura 6.17 Article del dispensari antituberculós. Font: La Vanguardia 14 de setembre de 1933.

El futuro Dispensario Antituberculoso de la calle de Torres Amat.

Ayer por la mañana visitó el Presidente de la Generalidad los locales de la calle de Torres Amat, donde estuvieron instalados los servicios funerarios de la Casa de Caridad, los cuales serán derruidos para construir en el solar resultante el Dispensario Central de Lucha Antituberculosa, a pesar de las naturales protestas del vecindario.

Asistieron al acto, a más del señor Macià, los señores Aguadé, Dencás, Battestini, Sayé, Seix y la doctora Shelton, el arquitecto de la G. A. T. E. P. A. C., **señor Sert**; el constructor señor Masana, el jefe de ceremonial, señor Rubí; el señor Sucre y los representantes de la Prensa local.

El señor Macià llegó acompañado de su secretario, señor Alavedra, y, después de los saludos de rúbrica, examinó detenidamente el proyecto,

cuyas características principales le fue detallando el señor Sert, mientras el señor Sayé daba la explicación técnica.

El edificio, que será de grandes proporciones y de factura moderna, quedará aislado de los edificios que lo circundan por una línea de jardines y todas las fachadas serán abrillantadas para impedir inscripciones.

Constará de tres pisos y terrado, en el que se instalará un espléndido solárium con todos los adelantos modernos.

En la planta baja quedará instalada la recepción del público, con las debidas separaciones, por categorías, basadas en el grado, de curación, y los gabinetes de radiografía y laboratorio, quedando unido a los otros por dos escaleras y los montacargas correspondientes.

En los otros pisos se instalarán los despachos para el director y los diez médicos adscritos y los servicios de desinfección, biblioteca y fichero, en el que se podrán expedir 10.000 fichas al año, habiendo un archivo para las



mismas, en el que se podrán conservar las de 80 años.

En el proyecto figura también la prolongación de la calle de Torres Amat, supeditada a la demolición del Hospital Militar, para facilitar el

acceso al Dispensario. El señor Macià elogió la labor de todos y se interesó por las obras, que le dijeron empiezan mañana y **quedarán terminadas en seis meses, a partir de la fecha en que se acabe la demolición de lo antiguo.** Los concurrentes fueron obsequiados con un lunch, derivando la conversación hacia los resultados obtenidos contra la tuberculosis en las naciones que han entablado esta lucha, especialmente en Inglaterra y los Estados Unidos, donde esta cruel enfermedad, que ocupaba el primer lugar, ha pasado al tercero, existiendo sobrante de camas en los Sanatorios. A la una y media terminó el acto, saliendo muy complacido el señor Macià y todos los concurrentes.



L'altre aspecte al qual ens referíem és el de la memòria de càlcul. En aquest cas, sí que s'ha trobat i per tant enfocarem l'estudi basant-nos principalment en ella i en les solucions que s'hi proposen.

1. **Finalitat del dispensari.**
2. **Solar d'emplaçament.**
3. **Distribució de l'edifici..**
4. **Dispensari pròpiament dit.**
5. **Secció d'estudis antituberculosos.**
6. **Seu social de la lluita antituberculosa de Catalunya.**
7. **Altres serveis.**
8. **Construcció.**

1. **Finalitat del dispensari.**

El Departament de Sanitat i Assistència Social de la Generalitat de Catalunya, al decidir-se a donar el màxim impuls a una campanya organitzada per a lluitar contra els estralls de la tuberculosi a Catalunya, projecta la construcció d'un edifici destinat a assumir els següents punts bàsics:

Primer: Atendre amb la màxima eficiència el problema profilàctic de la tuberculosi a Barcelona engrandint el ràdio d'acció dels dispensaris existents, sobretot en el nucli de població més castigat com ho és el districte cinquè.

Segon: Que el nen, com element bàsic de les generacions futures sigui el primer beneficiat per aquesta acció profilàctica amb les consultes prenatales, de lactància i vacunació preventiva.

Tercer: Intensificar el tipus de tractament en ambulatori amb la finalitat d'aconseguir que en el que permeti l'espai disponible, puguin ser atesos el nombre més elevat de malalts possible i també realitzar cures de sol i de repòs en el mateix dispensari a determinades hores del dia, doncs és sabuda la dificultat d'aconseguir-lo en els habitatges de barriada.

Quart: Com focus d'irradiació per tota l'acció contra la tuberculosi a Catalunya, instal·lar la seu social de l'anomenada "Lluita antituberculosa de Catalunya" amb totes les seves oficines i annexos.

Cinquè: Com compliment de l'anterior, establir una secció d'estudis antituberculosos, on puguin especialitzar-se els metges, ser ajudats els investigadors i formar-se les infermeres; tots ells elements que, a Catalunya sencera, haurien de col·laborar en aquesta croada empresa per la Generalitat de Catalunya.

Un aspecte es gosaria destacar dels molts que l'apartat exterior suggereix; cal que la futura construcció tingui un terrat el més gran possible i el menys dens de materials secundaris a fi i efecte que els pacients puguin rebre el correcte tractament de helioteràpia¹⁸.



Figura 6.18 Detall de la construcció del Dispensari.

2. Solar d'emplaçament.

És el cedit gentilmente per la Casa de la Caritat de Barcelona. Actualment, ocupen aquest terreny part de les cotxeres de la Casa de la Caritat. Dóna

¹⁸ Helioteràpia. Tractament de diverses malalties mitjançant l'exposició de la totalitat o d'una part del cos als raigs solars. Font: Gran Enciclopèdia Catalana

al nord al carrer Torres Amat, a llevant a un carrer en projecte i terrenys de l'hospital Militar, al migdia a terrenys de propietat particular i terrenys de la Casa de la Caritat del Ajuntament de Barcelona, i a ponent al carrer Sant Bernat.

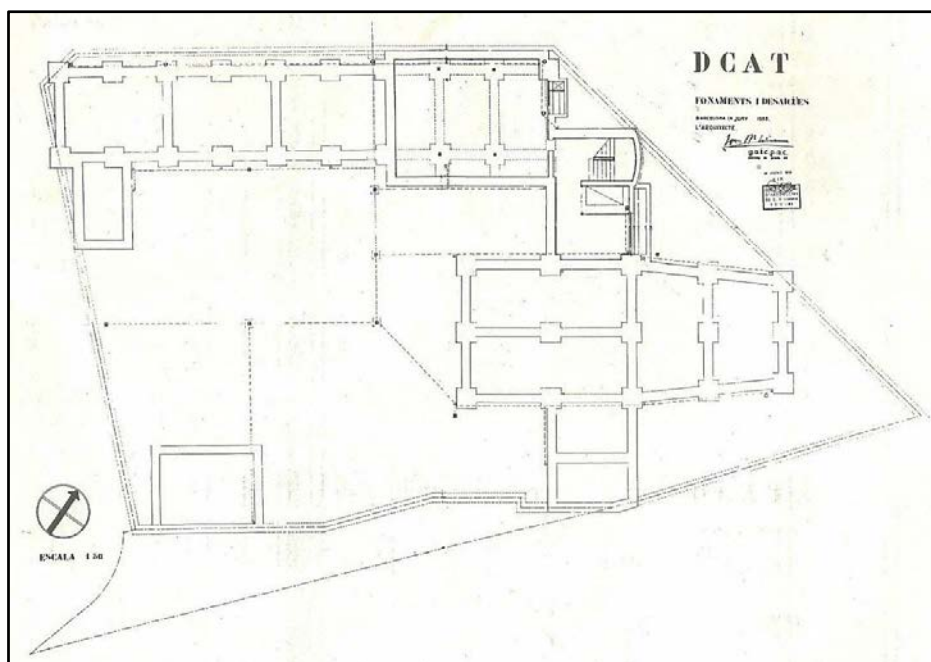


Figura 6.19 Plànol de Fonaments i Desaignes.

La anterior figura ens mostra part del solar però sobretot s'ha destacat perquè en ella tenim informació de primera mà sobre com estava feta **la cimentació del dispensari**

3. Distribució de l'edifici.

D'acord amb el ja exposat consta de les següents seccions:

1. Dispensari pròpiament dit.
2. Secció d'estudis antituberculosos.
3. Seu social de la lluita antituberculosa a Catalunya.

El programa d'aquestes tres seccions es desenvolupa a la planta baixa, tres pisos i una planta de terrasses. A més es projecta un pavelló a part amb l'habitatge del porter.

Un element, en principi auxiliar, també digne de menció és l'anomenat **habitatge del porter**. Es tractaria d'un element secundari que, malgrat tot,

també té importància i trets característics de l'**arquitectura moderna**. Actualment encara existeix tot i que, evidentment les seves funcions són unes altres.

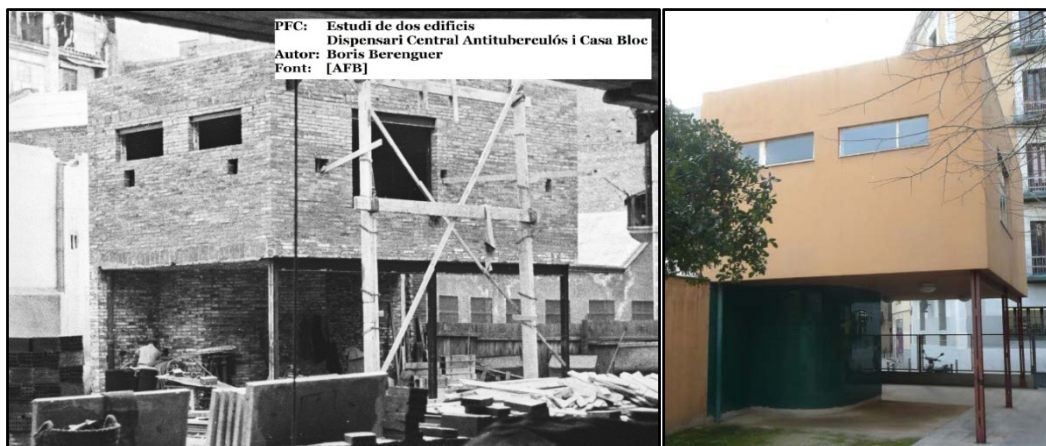


Figura 6.20 Habitatge del porter durant la seva construcció i en l'actualitat.

4. Dispensari pròpiament dit.

Ocupa la planta baixa i el primer pis. A la planta baixa s'emplacen l'admissió, les sales d'espera per a adults i el dispensari per a nens. Les sales d'espera per a adults són dos: una destinada a les persones (malalts i dubtosos) que han de ser reconegudes i diagnosticades, amb una capacitat mínima de 26 seients, i l'altra per a malalts ja diagnosticats i sotmesos a tractament, amb una cabuda mínima de 55 seients.

83

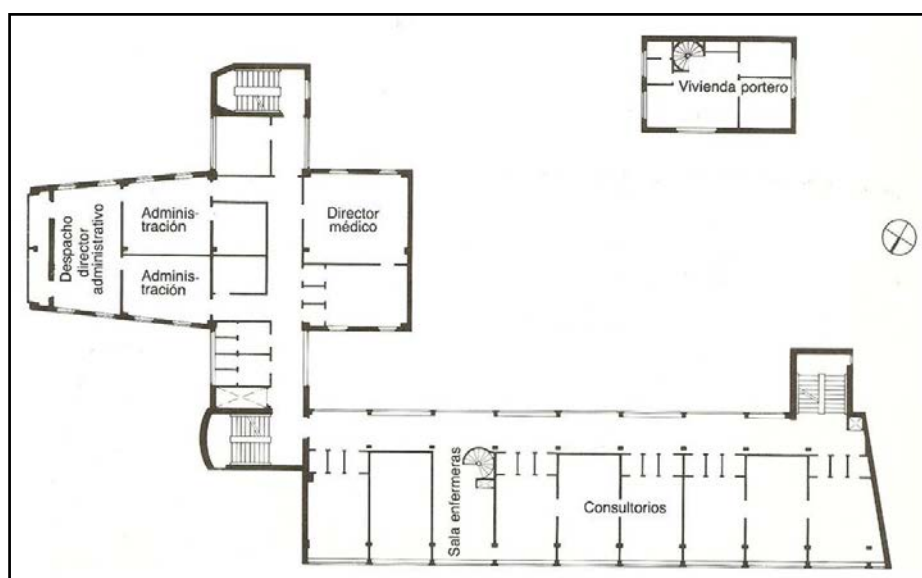


Figura 6.21 Distribució planta Dispensari.



Dominant les entrades de totes les sales d'espera s'ha emplaçat el *kiosco* del porter que guiarà als malalts a les seccions corresponents. Enmig de les dues sales d'espera citades està situada l'oficina d'admissió, que comunica directament mitjançant un *munta-fitxes* i una escala interior amb la sala del primer pis destinada a les infermeres que cuiden de la distribució de les fitxes (annexa al despatx del cap mèdic) i amb l'arxiu situat en el segon pis. Al costat de l'admissió hi ha un *cuartel* per a un malalt que pogués tenir un accident. Les sales d'espera, així com l'admissió, tenen les instal·lacions corresponents de W. C. i on sigui que estigui previst l'accés dels malalts es

preveuen les escopidores higièniques necessàries. A l'altre cos de l'edifici, també en planta baixa, estan situats els serveis destinats als nens amb dues sales d'espera contigües, comunicant directament amb un petit jardí d'esbarjo; una d'elles, per als nens en tractament, amb una cabuda mínima de 25 seients i l'altra per a l'aplicació del W.C.G., amb una capacitat mínima de 14 seients.

La primera secció facultativa per a nens es compon de dos gabinets mèdics amb una instal·lació de rajos X, una habitació per al tractament, una per al W. C. G., un laboratori amb un annex per a l'extracció de productes i, finalment, els serveis de W. C. i rentamans.

En planta de primer pis i en el cos de l'edifici amb façana al carrer Torres Amat, hi ha una secció de reconeixement que es compon de quatre sales de visita de metges especialistes en tòrax, amb dues instal·lacions de rajos X, un espai destinat a les infermeres de servei (que comunica verticalment amb l'arxiu de l'admissió), i a continuació el despatx de visita del cap mèdic amb una instal·lació de rajos X annexa.

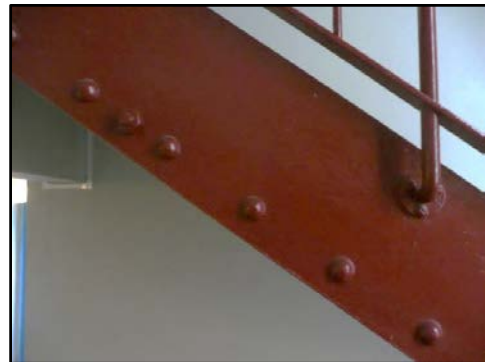
Davant de cada sala de visita i donant al passadís hi ha dues cabines per a vestir-se i despullar-se els malalts que han de ser reconeguts pels rajos X.

En l'altre cos de l'edifici, directament lligat a aquest per la continuació del mateix corredor, s'han emplaçat els serveis de tractament otorrinolaringològic, osteològic i digestiu. En aquest cos hi ha una estança destinada al pneumotòrax amb un petit quartet



per a un llit que comunica directament amb una sala de rajos X; un altre destinat al tractament, amb un laboratori annex que comprèn una secció d'obtenció de productes. El despatx de otorinolaringologia és perquè treballin dos metges; és annex als rajos X i comprèn una cabina per a actinoteràpia i una altra per a broncoscòpia. Dóna accés a totes aquestes dependències una petita sala d'espera amb una capacitat mínima de 12 seients a la qual pujaran per grups els malalts que siguin cridats a la sala situada al pis inferior amb la qual es comunica mitjançant una escala directa. Aquesta separació de sales d'espera en plantes distintes té per objecte evitar el soroll excessiu que impediria als metges treballar, com es comprova en els dispensaris que funcionen avui en la nostra ciutat. S'han disposat també en aquest cos els serveis de W. C. per a metges, infermeres i malalts, i una saleta de guarda-roba per als metges amb comunicació immediata amb l'escala independent d'aquestes a partir d'un porxo cobert a la planta baixa amb l'estacionament de cotxes.

L'accés de la planta baixa al primer pis es realitza passant per l'escala independent anterior i per altres dues escales, una per a la secció de reconeixement i l'altra per a la de tractament. Les tres escales queden situades en els dos extrems i al centre de la planta, respectivament. La roba bruta serà transportada per l'ascensor al subterrani on hi ha un dipòsit que comunica directament amb l'exterior. També amb independència quedarà instal·lada l'estufa de esterilització d'esputs, escopidores de butxaca i altres que utilitzin els malalts.



5. Secció d'estudis antituberculosos.

Situada al segon pis comprèn una gran sala per al treball social de les infermeres (capacitat mínima: 20 infermeres, una secretària, una directora i tres mecanògrafes). A continuació està emplaçat l'arxiu d'històries clíniques, de doble altura; amb espai per a un mínim de 342 arxivadors triples (del tipus de 0,40 per 0,60 per 1,20 m) la cabuda de cadascun d'aquests arxivadors és de 1.000 històries, resultant un total de 342.000 històries. Calculant que cada any s'emplenin 5.000 històries, l'arxiu tindrà una capacitat per a 70 anys. Annex a l'arxiu hi ha una filmoteca amb una capacitat proporcionada a la d'aquell, aïllada i protegida contra el foc.

A continuació s'ha disposat una sala de rajos X de demostració i un laboratori fotogràfic per al revelat de pel·lícules capaç de servir a tots els rajos X, amb comunicació amb la planta inferior mitjançant un montafilms. En la mateixa ala de l'edifici hi ha dos laboratoris per a treballs especialitzats d'investigació.

En l'altre cos hi ha una sala d'actes (capaç d'albergar 147 seients, 91 a la planta baixa i 56 a l'amfiteatre), biblioteca i museu que és alhora el vestíbul de la sala d'actes.

86



Figura 6.22 Detall de la construcció de la sala de conferències. Fons: M. Michaelis

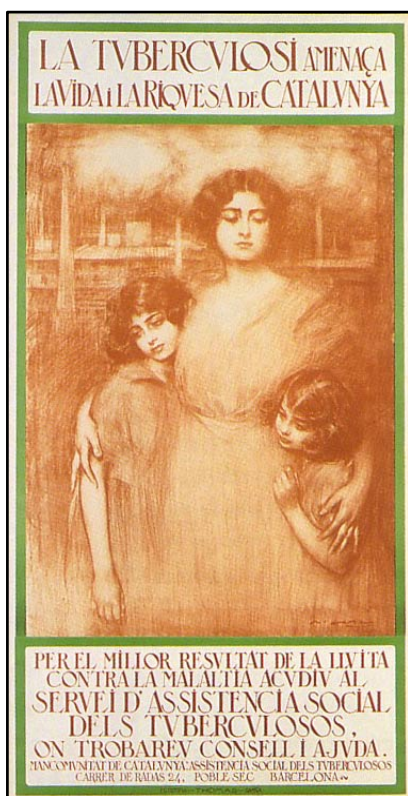
Tant aquesta com la biblioteca tenen doble altura; sobre el vestíbul - museu està emplaçat l'amfiteatre. L'accés des de l'exterior es realitza per l'escala que utilitzen només els metges i que hem citat anteriorment. En comunicació amb

aquest vestíbul i, per tant, immediates a la biblioteca hi ha quatre cabines d'estudi amb el seu corresponent magnetoscopi. A l'altre costat del vestíbul estan situats els serveis sanitaris per a infermeres i metges.



Figura 6.23 Estat actual de la sala de conferències.

6. Seu social de la lluita antituberculosa de Catalunya.



Situada al tercer pis, consta d'una sala per al consell (capacitat per a 8 consellers) una secretaria annexa i un servei d'oficines. A l'altre extrem del corredor, un espai disponible sobre la filmoteca (en el cas que sigui necessària una ampliació d'aquesta), una secció d'estadística i una de propaganda de la lluita antituberculosa i els corresponents serveis de W.C.

Les tres escales que hem citat continuen fins a la planta de terrasses on està instal·lat un espai solàrium amb els corresponents serveis sanitaris. A més, a la terrassa hi ha unes sales per a guardar les gàbies dels conills d'assaig.

La terrassa del cos de la sala d'actes i biblioteca queda arreglada com jardí amb plantes i tendals i està destinada als metges i, en cas que sigui necessari, també pot ser usada com solàrium.

7. Altres serveis.

Al subterrani haurà la caldera de calefacció, carbonera o depòsits d'olis pesats, els depòsits de roba bruta, etc., comunicant totes aquestes dependències directament amb l'exterior.



Figura 6.24 Detall actual de la biblioteca.

Com era essencial per a la circulació de l'edifici, s'han disposat dos accessos generals independents; un pel carrer Sant Bernat exclusiu per als malalts i altre pel carrer projectat per als metges i assistents a les seccions d'estudis antituberculosos i seu social de la lluita antituberculosa de Catalunya.

8. Construcció.

En aquest apartat és on trobem més informació de la solució estructural adoptada pels tècnics. Novament destaquem l'ús de pilars aïllats d'acer.

S'adopta una estructura de **pilars aïllats** per la facilitat de adaptació a cada planta als diferents serveis, tots ells de funcionament molt variat.

Així, a la planta baixa la necessitat de sales espaioses per a l'espera i l'admissió **obliga a la supressió dels murs de càrrega**.

En la planta del primer pis és essencial una distribució de sales de vaig visita per a metges al llarg d'un passadís de distribució.

En la planta segona, d'una banda l'arxiu i en l'altre cos de l'edifici la sala d'actes, obliguen a les mateixes **estructures diàfanes**. Raonant el motiu d'una estructura s'adopta **l'acer laminat per la seva rapidesa en la construcció**, pèrdues mínimes d'espai i facilitat per a successives transformacions, ampliacions i adaptacions.

Amb l'estructura es redueixen els paraments exteriors a una funció única de tancament, incrementant-se l'acció aïllant dels mateixos respecte a l'exterior amb la seva disposició constructiva tal com s'explica en el plec de condicions facultatives.

Aquesta idea d'aïllament es duu també a sostres i envans. Per aquest motiu queden exclosos d'aquesta primera part de la construcció tots els revestiments interiors que aniran d'acord amb les instal·lacions que adoptin per rajos X i altres.

Totes les instal·lacions es preveuen encastades però fàcilment enregistrables; així seran els baixants d'aigües en aquesta primera fase de la construcció.

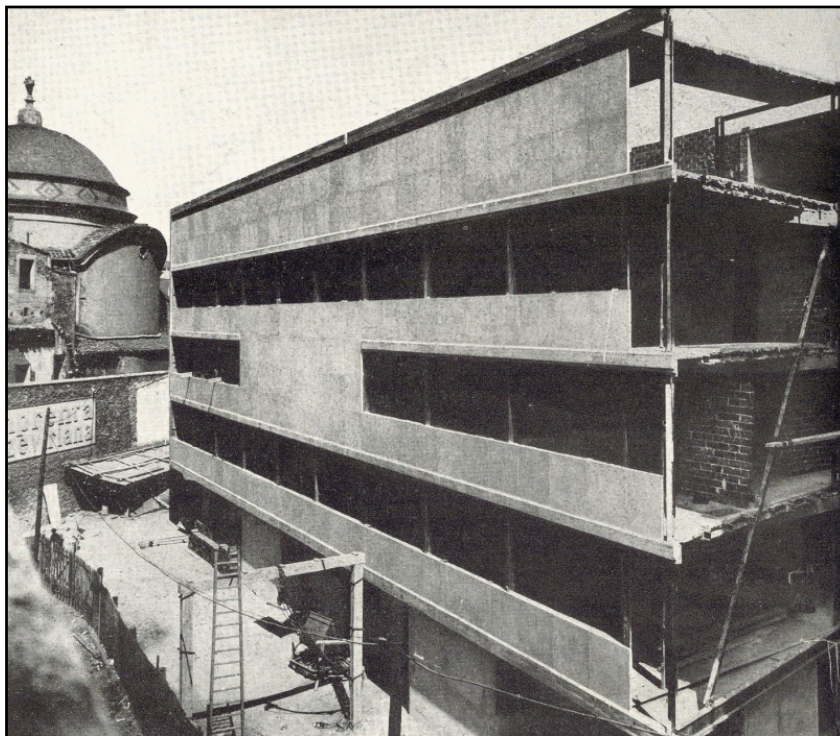


Figura 6.25 Detall construcció Dispensari.

La futura determinació de les altres instal·lacions sanitàries, elèctriques, de calefacció, laboratoris, etc., també aconsella prescindir de tot revestiment interior (enguixats, rajola valenciana, plom o minerals de bari per als rajos X etc.).

A totes les plantes s'assegura la ventilació transversal, doncs és sabut que el problema de la ventilació més que de quantitat d'aire és de renovació del mateix; aquesta renovació assegurada permet l'adopció d'altures no excessives en els diferents pisos amb la consegüent economia en la construcció en sí i en les instal·lacions, la de calefacció especialment.

Aquestes dades, i els quals s'especifiquen en els altres documents del projecte, creu l'arquitecte signant que són suficients per a donar una idea precisa del projecte del Dispensari Central Antituberculos que s'ha de construir en els terrenys del carrer Torres Amat, deixant per a altra etapa de la construcció tot el que fa referència a les instal·lacions i acabats de l'edifici d'acord amb les ordres per encàrrec n° 467, datada el 28 de març de 1933, i n°903, de 3 de juny de 1933.

Complint aquesta última es portarà a terme la demolició dels edificis existents actualment en el solar d'emplaçament, quedant tots els materials resultants d'aquesta demolició en propietat de la Casa de la Caritat l'administració de la qual cuidarà de retirar-los seguint les ordres de l'arquitecte director amb la finalitat de facilitar la ràpida construcció del Dispensari projectat. Només els materials que resultin del picat de paviments i fonamentacions antics quedaran en propietat de l'adjudicatari que haurà de retirar-los fora del solar pels seus mitjans, exceptuant aquells que la direcció facultativa autoritzi explícitament per a ser utilitzats en la construcció de les noves cimentacions.

Barcelona, a 14 de juny de 1933.

L'Arquitecte. (signat)

Joan Bta. Subirana

Segell del Col·legi Oficial

d'Arquitectes de Catalunya i Balears.

També s'ha cregut destacar que, de la informació cercada al fons antic del C.O.A.C, s'ha trobat una carta on ens indicaria la procedència del material fèrric emprat segons es desprèn;

Carta dirigida a Subirana, firmada per Sert i Torres Clavé, any 1933.

“Convindria enviessis dintre d’un parell o tres de dies màxim, els càlculs de l’osatura. Ja saps lo que trigan després a c’an Torras per a servir el material”.¹⁹

A més de la informació de la memòria precedent com d'inspeccions visuals podem afegir que l'estructura adopta la forma de sistema porticat. Els pilars estan formats per dos perfils U empresillats. A la planta baixa estan reforçats amb platabandes. Les jàsseres són perfils de doble T inserides entre els perfils en U dels pilars.

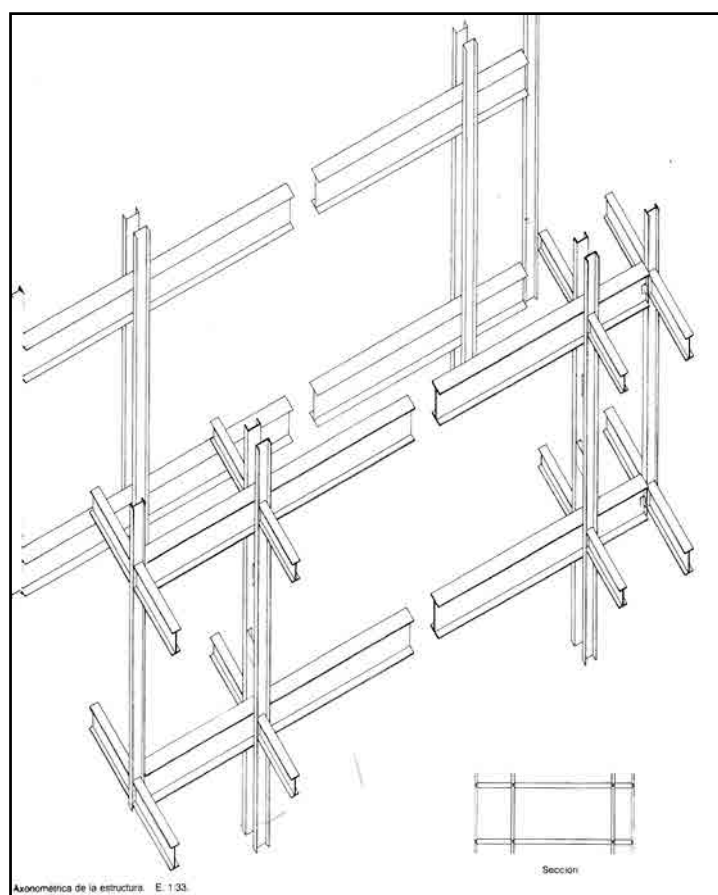


Figura 6.26 Axonometria de l'estructura.

¹⁹ Textualment de la font citada.

Casa Bloc

Malgrat hem estat tractant tota l'estona el dispensari antituberculós, val la pena referir-se, encara que sigui molt breument a una altra obra firmada pels tres arquitectes; **la casa Bloc** situada a l'avinguda Torres i Bages tot i comparant-ne l'estructura.

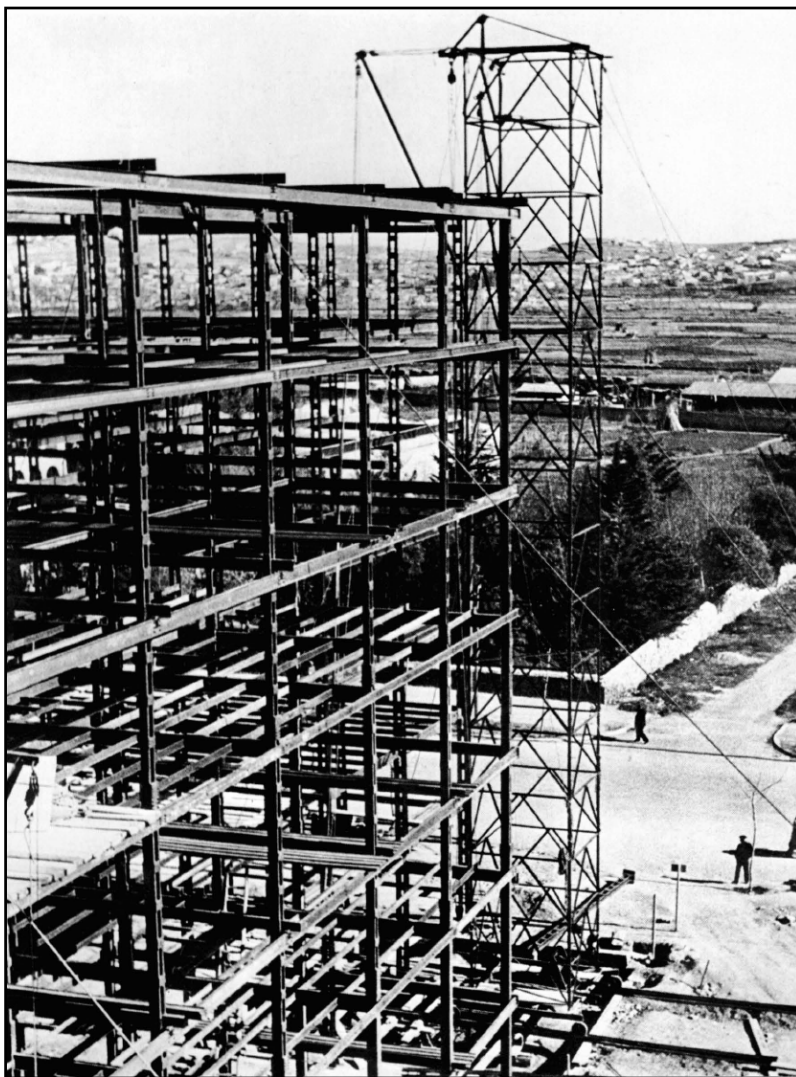
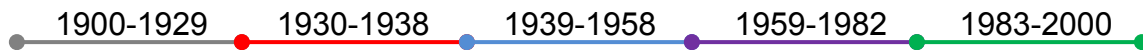


Figura 6.27 Estructura Casa Bloc.

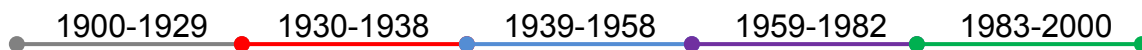
L'estructura és metàl·lica tal i com ho era en el cas del dispensari. L'estructura és totalment homogènia permeten la ubicació de les cèl·lules d'habitatge en forma de dúplex. Els pilars són formats per dos U empresillats, reforçats amb platabandes i totalment revestits disposats cada 4 metres. Entre els pilars, aprofitant l'espai dels dos perfils passen les jàsseres en les quals es



recolzen les biguetes que sustenten la 2^a planta del dúplex, en aquest cas paral·leles a les línees de façana. Les biguetes que sustenten la 1^a planta del dúplex estan disposades de forma perpendicular a la línea de façana, recolzades sobre la riostra que uneix els pòrtics, i sobresortint en forma de petit voladís on es recolzarà part del corredor. Les direccions de les biguetes varien segons les plantes, aconseguint un major monolitisme, però, també, varien les dimensions de les riostres augmentant l'ànima quan les biguetes es recolzen sobre ella o desapareixen les jàsseres que van perpendiculars a la línea de façana quan les biguetes deixen de ser paral·leles a aquesta, obtenint així un major nombre d'elements diversos. El sostre serà de biguetes metàl·liques i revoltó català



L'ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA INDUSTRIAL DE BARCELONA (1955-1964)



L'actual edifici de l'Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial (E.T.S.E.I.B.), fou projectat per Robert Terradas i Via (1916-1976) el qual signà la memòria l'any 1959²⁰. Aquest edifici és el quart en el qual s'han desenvolupat els estudis d'enginyeria industrial en els darrers 150 anys.

El present estudi mostra aquests diferents edificis fent especial èmfasi en l'actual, mostrant la seva metodologia de càlcul, tipologia estructural, així com el context històric en el qual fou concebut.

1. Els edificis

2. Arquitecte. Robert Terradas i Via (Barcelona 1916 – 1976)

3. El projecte de l'E.T.S.E.I.B. 1955-64

3.1. Context Històric

3.2. Metodologia de càlcul

3.3. Normativa tècnica

3.4. L'estructura de l'ETSEIB

Annex - 1 Articles d'època.

²⁰ Proyecto de escuela técnica superior de ingenieros industriales en el núcleo universitario de Barcelona; Barcelona, Junio de 1959. Es troba a l'arxiu històric del C.O.A.C. de Barcelona.

1. Els edificis

Al llarg dels seus més de cent cinquanta any d'existència, les ensenyances d'enginyeria industrial han estat ubicades en quatre edificis a la ciutat de Barcelona. No és, però, objecte del present treball l'estudi exhaustiu del tres primers edificis, referint al lector interessat a la completíssima bibliografia del professor Guillermo Lusa²¹ tot i indicant ara i aquí només les imatges dels mateixos així com el període històric que compregueren.



Figura 6.28 Imatge del Convent de Sant Sebastià; seu durant el període (1851-1873)



Figura 6.29 Universitat Literària; seu durant el període (1874-1927)

²¹ <http://upcommons.upc.edu/revistes/handle/2099/82>. Documentos de la Escuela de Ingenieros Industriales de Barcelona. Centre de recerca per a la Història de la Tècnica "Francesc Santponç i Roca". Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona (Universitat Politècnica de Catalunya).



Figura 6.30 Edifici del Rellotge; seu durant el període (1927-1964)

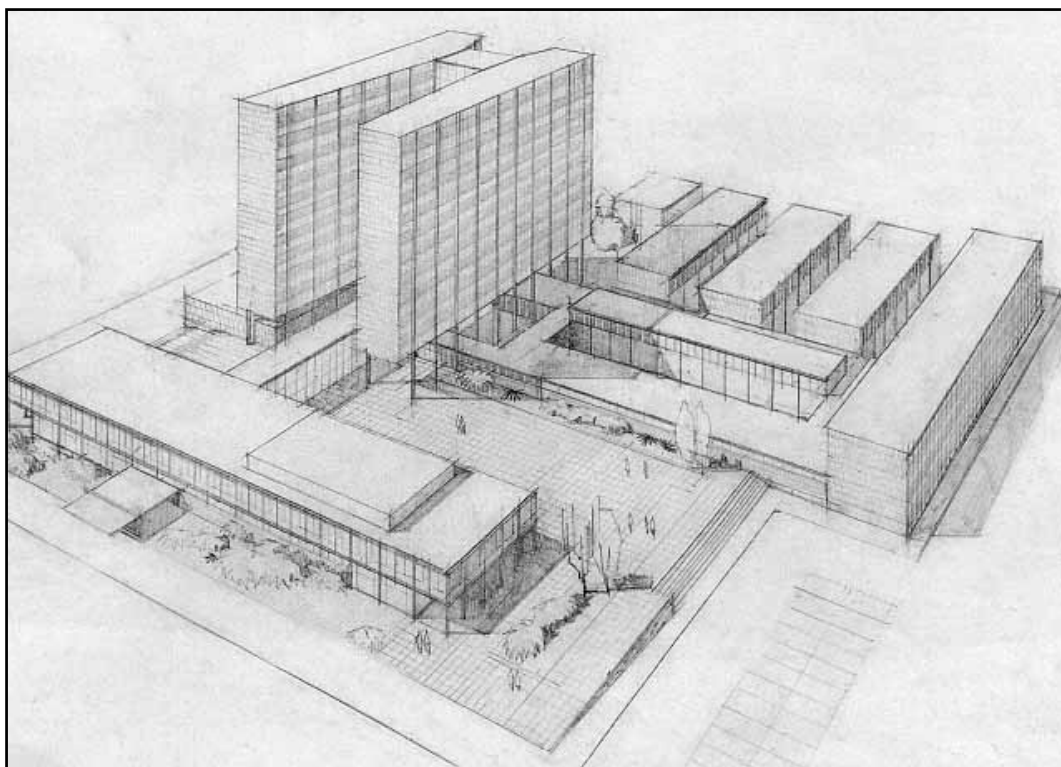
L'actual edifici de l'Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona (E.T.S.E.I.B), es troba ubicat a l'Avinguda Diagonal 647 i com s'ha vist és obra de l'arquitecte Robert Terradas i Via.



Figura 6.31 Actual edifici de l'E.T.S.E.I.B. Avinguda Diagonal 647

Serà aquest actual edifici l'objecte principal del nostre estudi.

Al fons antic del col·legi d'arquitectes de Barcelona (C.O.A.C.), al qual més tard ens referirem, s'ha cercat i trobat informació, encara que parcial, del projecte de l'edifici amb data de juny de 1959.



98

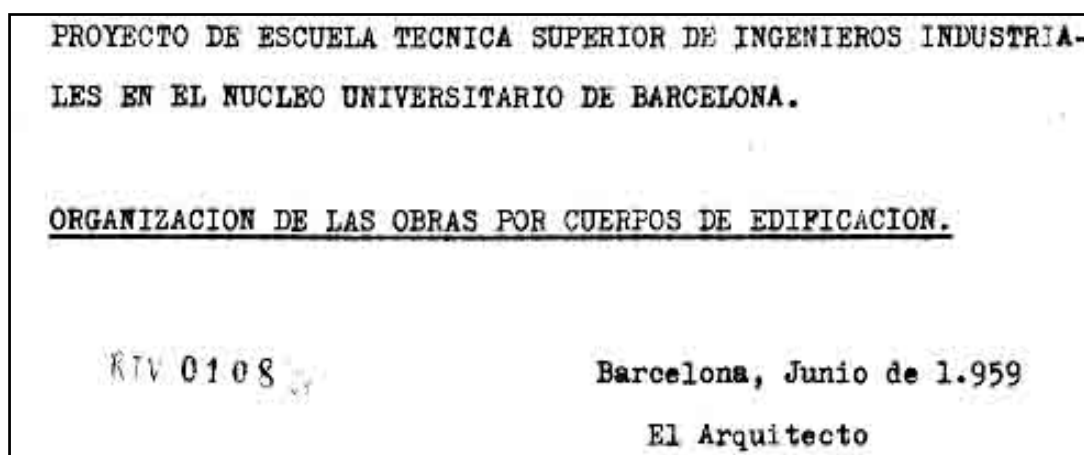


Figura 6.32 Imatges del *Proyecto de Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales en el Núcleo Universitario de Barcelona*. Robert Terradas i Via

2. Arquitecte. Robert Terradas i Via (Barcelona 1916 – 1976)

Robert Terradas i Via fou fill d'Esteve Terradas i Illa²². Arquitecte, titulat l'any 1942, esdevingué catedràtic de projectes arquitectònics i fou director de l'Escola d'Arquitectura. La figura de Robert Terradas va ser redescoberta en una exposició l'any 2000 a la Seu del Col·legi d'Arquitectes de Barcelona. Admirat sobretot pel seu pas per l'Escola d'Arquitectura i la seva tasca educadora va impartir classes durant sis anys (1944-49) i va ser director des del 1954 fins 1963. Malgrat tot, la seva obra construïda no és recordada especialment.



Si bé molt companys recorden en Rob pel seu pas per l'Escola, gairebé ningú no el recorda per la seva obra construïda.[...]. Potser això és perquè no se'n va ocupar mai de publicar-la, ocupat com estava entre l'Escola i el despatx²³.

99

En sabia de dibuixar, de convèncer al client; les visites d'obra duraven tot un dia i el resultat era una arquitectura molt ben construïda²⁴.

Com arquitecte, fonamenta la seva arquitectura en una concepció racionalista de la mateixa, conferint gran importància a l'entorn i a l'estructura com a organitzadora dels espais.

Es pot comprovar en la seva arquitectura l'esperit d'innovació en els materials i en l'estructura. I per altra banda és visible l'estudi dels arquitectes del moviment modern i la seva influència. Fins i tot en la concepció de la funció de l'arquitecte com a dissenyador d'espais, de formes, dels elements que han d'estar en aquest espai –taules, cadires...

²² Esteve Terradas i Illa (Barcelona, 1883 – Madrid, 1950), matemàtic, enginyer i físic.

²³ Robert Terradas i Via textos introductoris/textos introductorios: Robert Terradas Muntañola ... [et al.] textos dels projectes/textos de los proyectos: Emili Palou, Vicente Alegre, Barcelona Col·legi d'Arquitectes de Catalunya. Centre de Documentació, DL 2000. Pàgines 8 i 9.

²⁴ Ibídem.

En qualsevol cas són fàcilment identificables els preceptes del moviment modern en l'obra de Terradas. Les innovacions formals i tecnològiques que desenvolupa en els seus projectes participen d'aquesta tasca estètica que va representar el moviment modern en la seva època. Le Corbusier²⁵, Mies van der Rohe²⁶, la Bauhaus²⁷... són la base d'un estudi acurat d'aquesta arquitectura d'avantguarda que sorgí en la primera meitat del segle XX. Terradas com estudiós de la història de l'arquitectura va saber treure'n profit i va crear una sèrie de projectes d'una qualitat expressiva important i comparables a l'obra d'altres arquitectes de l'època com Antoni Bonet, Francesc Mitjans, entre d'altres.

Com a mostra de la seva obra podríem destacar els següents projectes per categories i en ordre cronològic:

- **Edificis industrials**

E.N.M.A.S.A. 1950 Nova factoria i mobles (Sant Adrià del Besòs)

Fàbrica Serra propietat de "Hijos de J. Serra"

- **Edificis públics**

Reial club de Golf el Prat 1955-66, obra realitzada juntament amb José Antonio Coderch de Sentmenat

Col·legi de Metges 1966-75 (Barcelona)

- **Edificis per l'educació**

E.T.S.E.I.B. 1955-64 (Barcelona)

E.T.S.A.B. 1955-64 Mobles (Barcelona)

- **Habitatges**

Vivendes Rosselló 1955-56 (Barcelona)

- **Concursos (obra projectada)**

Concurs de la cambra de Comerç de Barcelona

Concurs del Col·legi d'Arquitectes de Barcelona

²⁵ Charles-Édouard Jeanneret-Gris (1887-1965); Le Corbusier.

²⁶ Ludwig Mies van der Rohe (1886-1969).

²⁷ Bauhaus és un terme comú per a denominar la Staatliches Bauhaus, una escola d'art i arquitectura a Alemanya que fou fundada el 1919 per Walter Gropius a Weimar (Alemanya).

3. El projecte de l'E.T.S.E.I.B. 1955-64

3.1. Context Històric

A finals dels anys 50, la situació econòmica s'emmarca dins el període anomenat “desarrollisme”; especialment a partir del Pla d'Estabilització de 1959 tal i com ens hem referit a l'apartat històric del BLOC corresponent. Les restriccions del ferro seran suprimides²⁸ cosa que conjuntament amb l'entrada en funcionament del tren de laminació d'Ensidesa provocarà un auge d'ús de perfils metàl·lics.

Tot el que hem vist fins ara és perfectament aplicable a Barcelona, i al seu nou campus universitari que estava naixent. L'ETSEIB n'és un bon exemple tal i com veurem a continuació. (S'ha inclòs un article aparegut al diari La Vanguardia amb data 5 de gener de 1964²⁹ del qual en destaquem dues parts considerades com a interessants; la primera fa referència a la visita del llavors ministre d'educació nacional a la zona universitària i la segona, més específica, mostra una interessant justificació del perquè de la construcció de l'edifici en qüestió, concloent;

101

Complace saber que Barcelona dispondrá en breve de un magnifico núcleo universitario para la buena preparación de los futuros ingenieros industriales.

La saturació d'alumnat a l'escola de l'Edifici del Rellotge obligà la construcció del nou edifici -seu de l'actual E.T.S.E.I.B- per oferir als alumnes – futurs enginyers – un lloc nou per a la seva formació. Terradas en va rebre l'encàrrec quan era director de l'Escola d'Arquitectura.

A l'època en la qual es va projectar l'edifici de l' E.T.S.E.I.B, l'arquitectura que es construïa en el món seguia en molts aspectes els dictàmens del moviment modern com abans s'ha mencionat. En la avantguarda es van situar

²⁸ GOBIERNO DE LA NACIÓN. PRESIDENCIA DEL GOBIERNO. Decreto de 19 de enero de 1956 por el que se derogan los de 11 de marzo de 1941 sobre restricción en el uso del hierro y de 22 de julio siguiente por el que se dispuso su reglamentación circunstancial.

²⁹ Veure Annex -1

una sèrie d'arquitectes que van desenvolupar l'estil internacional que no era més que una manera d'enfocar l'art modern. Són clarament identificables en ell la voluntat de definir unes volumetries netes tant en l'aspecte estètic com funcional. Les dues torres en forma de U disposen d'una **estructura amb pòrtics metàl·lics**, que com una carcassa d'acer es defineix amb els pilars per la façana deixant completament lliure la planta.

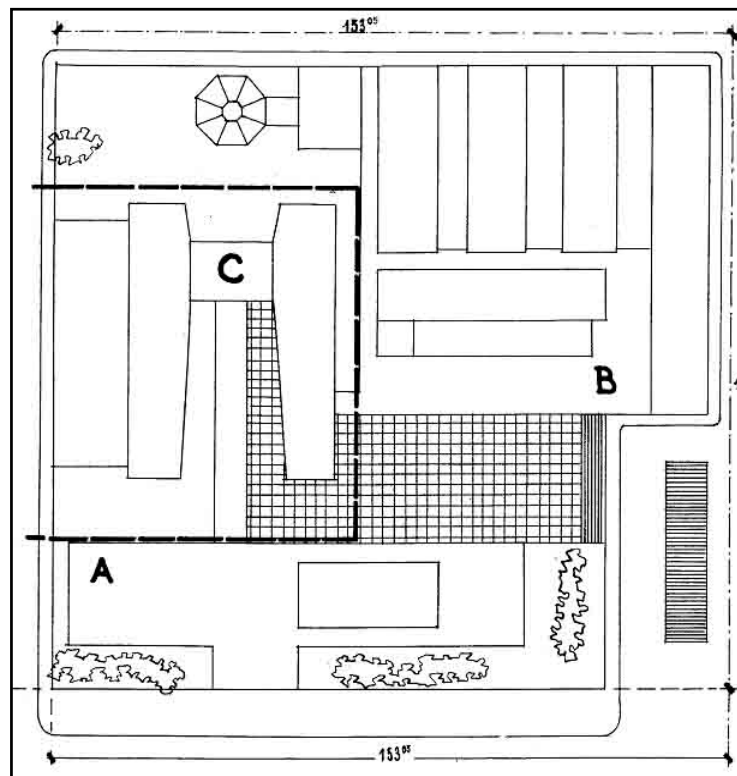


Figura 6.33 Organización de las obras por cuerpos de edificación. Proyecto de Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales en el núcleo universitario de Barcelona.

Aquesta filosofia confereix a l'edifici una forta vinculació amb la ciutat, per la seva contundència formal. Entrant a Barcelona per la Diagonal era, conjuntament amb els edificis d'Arquitectura i Arquitectura tècnica, un dels edificis primerament visibles.

3.2. Metodologia de càlcul

Com s'ha vist anteriorment l'any 1932, es publica el Mètode de Cross arribant al cap d'uns anys a l'estat espanyol. La seva difusió a l'estat espanyol fou molt ràpida i pràcticament en totes les memòries de càlcul de l'època

(entrada la dècada dels cinquanta) es troba l'estructura calculada, total o parcialment, amb el mètode de Cross. La corresponent de l'E.T.S.E.I.B no n'és una excepció.

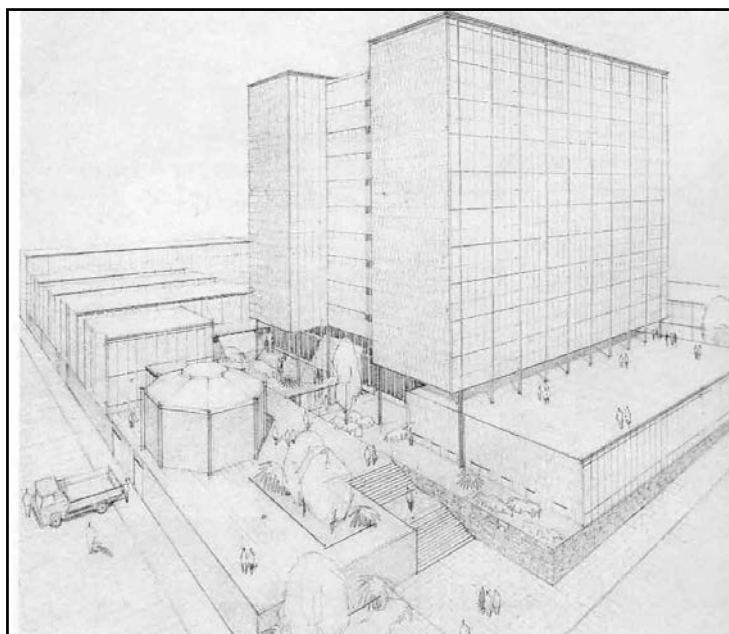


Figura 6.34 Organización de las obras por cuerpos de edificación. Proyecto de Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales en el núcleo universitario de Barcelona.

Tot seguit s'inclouen detalls del mètode, tal i com foren transcrits a la memòria original, així com part de les solucions proposades

61.75	-43.79	-37.09	-44.89	-42.40	-45.83	-30.41	-39.67	-38.16	-37.56	-40.39
2.46	+ 7.74	+ 4.56	+ 4.30	+ 6.07	+ 5.71	+ 3.53	+ 2.80	+ 4.43	+ 4.51	+ 3.96
+ 4.42	+ 3.99	+ 2.15	+ 3.03	+ 2.85	+ 4.03	+ 1.40	+ 2.21	+ 2.25	+ 1.98	+ 3.75
+ 1.15	- 32.36	- 26.50	- 34.60	- 35.24	- 32.16	- 20.44	- 29.82	- 29.78	- 30.15	- 27.9
16.4	- 3.6	- 17.30	- 17.62	- 16.08	- 23.40	- 14.91	- 14.86	- 15.07	- 13.9	- 20.2
0.65	0.42	0.32	0.42	0.42	0.42	0.24	0.35	0.35	0.35	0.35
0.48	0.56	0.42	0.42	0.42	0.42	0.55	0.35	0.35	0.35	0.35
- 35.80	- 46.32	- 34.40	- 35.24	- 32.17	- 26.80	- 29.82	- 29.72	- 30.15	- 27.9	- 46.04
- 22.42	- 16.40	+ 13.25	- 17.30	- 17.62	- 16.08	+ 10.22	+ 14.91	- 14.86	- 15.07	- 13.9
+ 8.65	+ 7.98	+ 4.30	+ 6.07	+ 5.71	+ 8.07	+ 2.80	+ 4.43	+ 4.51	+ 3.96	+ 7.5
- 50.57	- 54.70	- 43.55	- 46.47	- 44.08	- 54.87	- 37.24	- 40.20	- 40.50	- 39.01	- 46.8
+ 91	+ 100	+ 91.79	+ 84.45	+ 88.27	+ 83.92	+ 85.22	+ 76.91	+ 78.37	+ 78.06	+ 75.4
+ 8.43	+ 100	+ 1.71	+ 1.63	+ 2.31	+ 3.12	+ 3.08	+ 2.41	+ 3.86	+ 3.86	+ 3.4
+ 100	+ 100	+ 100	+ 100	+ 100	+ 100	+ 100	+ 100	+ 100	+ 100	+ 100

Figura 6.35 Detall del Mètode de Cross (I).

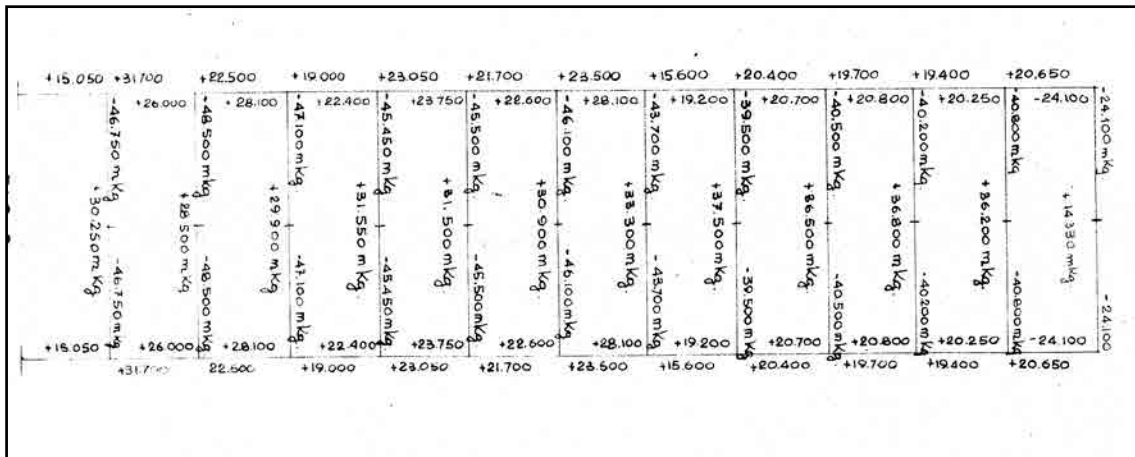


Figura 6.36 Detall del Mètode de Cross (II).

<u>Estructura de pòrtico</u>			
Se parte de una jácena de $I = 217.000 \text{ cm}^4$			
Pilar planta baja $I = 163.111 \text{ "}$			
"	"	1ª	$I = 163.111 \text{ "}$
"	"	2ª	$I = 163.111 \text{ "}$
"	"	3ª	$I = 92.153 \text{ "}$
"	"	4ª	$I = 92.153 \text{ "}$
"	"	5ª	$I = 92.153 \text{ "}$
"	"	6ª	$I = 92.153 \text{ "}$
"	"	7ª	$I = 41.320 \text{ "}$
"	"	8ª	$I = 41.320 \text{ "}$
"	"	9ª	$I = 41.320 \text{ "}$
"	"	10ª	$I = 41.320 \text{ "}$
"	"	11ª	$I = 41.320 \text{ "}$

Figura 6.37 Detall dels elements estructurals.

<u>Efecto del viento</u> (Fig. 4)	
Carga = 150 Kg/m^2 luego por nudo $150 \times 4 \times 6,20 = 3840 \text{ Kg}$	
Momento debajo jácena planta baja	
$\frac{38.400 \times 2}{4}$	$= 19.200 \text{ mKg.}$
Momento debajo jácena planta 4ª	
$\frac{28.800 \times 2}{4}$	$= 14.400 \text{ mKg.}$
Momento debajo jácena planta 8ª	
$\frac{13.440 \times 2}{4}$	$= 6.720 \text{ mKg.}$

Figura 6.38 Detall del càlcul de l'efecte del vent.

Comprobación sección jéscena.

Momento máximo en el apoyo : (vease Cross)
48.500 mKg.

Momento máximo en el tramo : (vease Cross)
37.500 mKg.

Adoptando una viga formada por chapa soldadas, de alma
700 x 10 y alas de platabandas 300 x 15 tenemos :

$$\sigma_a = \frac{48.500}{3930} = 12,3 \text{ Kg/cm}^2$$

Figura 6.39 Detall de la comprovació d'una jàssera.

3.3. Normativa tècnica

Des de 1957, la preparació de la normativa tècnica de l'edificació, **normes MV**, fou responsabilitat del Ministerio de la Vivienda, tasca que abans desenvolupava la Dirección General de Arquitectura del Ministerio de Gobernación. La normativa aplicada en el càlcul de l'estructura de l'ETSEIB no està molt clara, ja que en aquell moment era vigent **la normativa de l'any 1941** sobre les restriccions del ferro, que començava a estar obsoleta, i també s'estaven a punt de publicar les normatives **EM-62** de *el Instituto Eduardo Torroja* i la sèrie de normes MV a la qual abans fèiem referència.

Per un costat la normativa vigent obligava a no fer servir una determinada quantitat d'acer segons el decret de restriccions del ferro, però per altra banda era gairebé obligat construir edificis amb estructura metàl·lica per poder complir els terminis temporals que havien demanat; per tant per evitar aquest fet paradoxal sovint l'aspecte normatiu no era gaire tingut en compte i fou un motiu que devia forçar, al cap de pocs anys, la derogació de la normativa que ja estava totalment desfasada.

3.4. L'estructura de l'ETSEIB

En aquest apartat es fa una descripció de l'estructura dels diferents edificis que constitueixen l'ETSEIB.

L'atenció es centra principalment a **l'edifici H**, que és el que dóna identitat a l'Escola. Tota l'explicació es fa a partir de la informació recollida en el projecte

de l'edifici³⁰, de l'observació de fotografies realitzades durant l'execució de l'obra i de l'estructura visible actualment. **L'estructura de l'edifici H és d'acer i està constituïda per dos cossos principals amb deu pòrtics rígids cadascun.**



Figura 6.40 Vista aèria de l'estructura de l'Escola.

Els pòrtics, segons la memòria de càlcul, són d'un tram de 12.4 metres de longitud i d'onze plantes més coberta d'alçada. L'estabilitat en la direcció transversal del pòrtic es confia a **la rigidesa dels nusos entre les jàsseres i columnes**. En la direcció longitudinal, i segons es dedueix de les fotografies, l'estabilitat sembla que també està associada a **la rigidesa dels nusos de les bigues perimetrals de lligam entre pòrtics**. Aquest sistema estructural és similar a l'utilitzat a l'edifici principal de la Facultat de Dret de Barcelona, projectat i construït a la mateixa època³¹.

³⁰ "Proyecto de escuela técnica superior de ingenieros industriales en el núcleo universitario de Barcelona"; Barcelona, Junio de 1959. Es troba a l'arxiu històric del C.O.A.C. de Barcelona.

³¹ Xavier Subias Faus; arquitecte responsable de la Facultat de Dret conjuntament amb Guillermo Giráldez i Pedro López Iñigo. Inaugurada l'any 1958.

No s'observa cap altre sistema de travat de l'estructura en la direcció longitudinal, com ara creus de Sant Andreu.

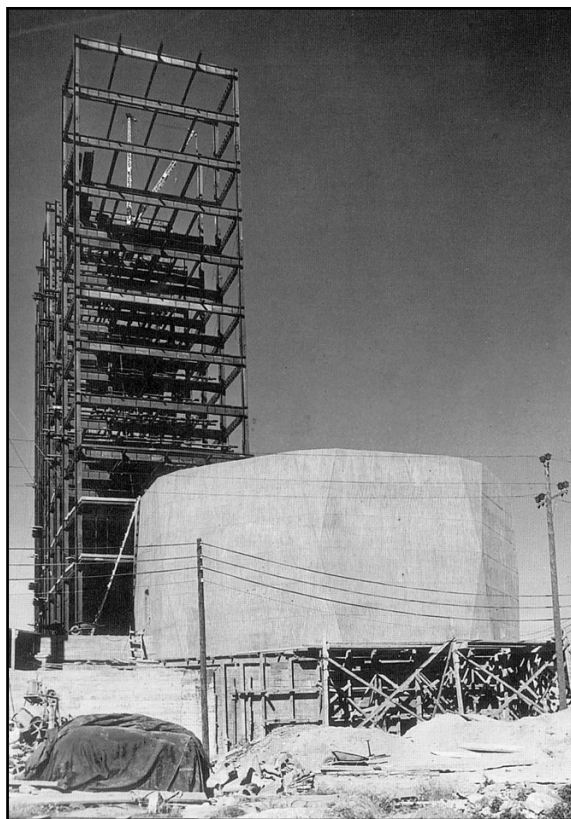


Figura 6.41 Reactor i torre en construcció.

Les jàsseres principals dels pòrtics estan construïdes a partir de xapes soldades formant una secció doble te. L'ànima de la secció és de 700 mm d'alçada i 10 mm de gruix, mentre que les ales són de 300 mm per 15 mm. L'ànima de les jàsseres està reforçada amb rigiditzadors verticals.

Les columnes tenen secció en forma de calaix. Els elements que conformen aquestes seccions són quatre perfils en forma de L i xapes d'acer de dimensions que van canviant en funció de la planta de l'edifici. Tots aquests elements estan soldats entre ells.

Les unions entre les columnes i les jàsseres són soldades. En aquestes unions s'hi observen unes platabandes de reforç a les dues ales de la jàssera amb la funció de trametre els esforços d'aquests elements de secció a les columnes. Les platabandes també reforcen la rigidesa de la unió. La connexió entre les columnes i els fonaments de formigó armat també és de tipus nus

rígid, segons es dedueix de les fotografies realitzades durant la construcció de l'edifici.

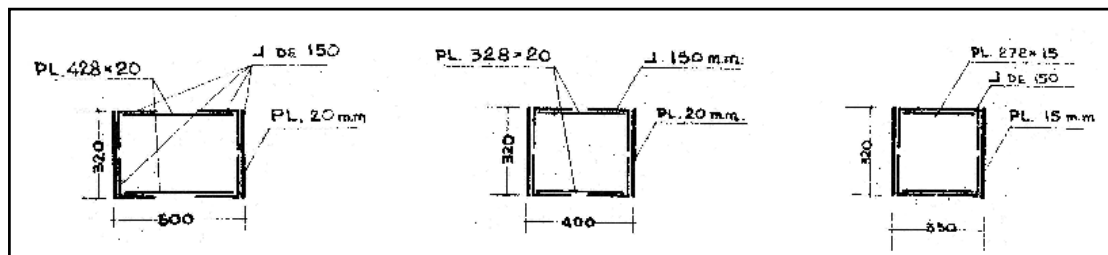


Figura 6.42 Seccions de les columnes metàl·liques de les torres. Font: Memòria de càlculs

Les plantes estan formades per les bigues secundàries, continues i d'acer, i el forjat de bigueta és de formigó amb entrebogat de bloc de morter. Aquests forjats es van construir sense capa de compressió, o molt petita, i sense armat de repartiment. Això ha acabat produint, amb el pas dels anys, una de les principals patologies de l'edifici: la caiguda de revoltos.

Segons la memòria de càlcul del projecte, els forjats d'unió entre les dues torres estan constituïts per unes bigues contínues d'acer de dotze trams de 1,6 metres de llum. Aquestes bigues són de tipus doble te, de 120 mm d'alçada.

108

Dels altres edificis que constitueixen l'Escola, cal apuntar que un dels laboratoris, el de Resistència de Materials, i l'edifici d'Administració són d'**estructura metàl·lica** igual que les dues torres. La resta de laboratoris es van construir en **formigó armat**.

Podríem concloure dient que l'edifici de l'ETSEIB ha esdevingut al llarg d'aquests més de 50 anys un símbol tant pel col·lectiu d'enginyers industrials que s'hi ha format com per a la ciutat de Barcelona ja que l'obra d'en Terrades és una de les primeres que el visitant percep a l'entrar a Barcelona per la Diagonal. Concebuda fonamentalment amb estructura metàl·lica, la seva forma d'H, amb el cossos principals perpendiculars a la Diagonal, li ha configurat una característica important i distinta d'altres edificacions.

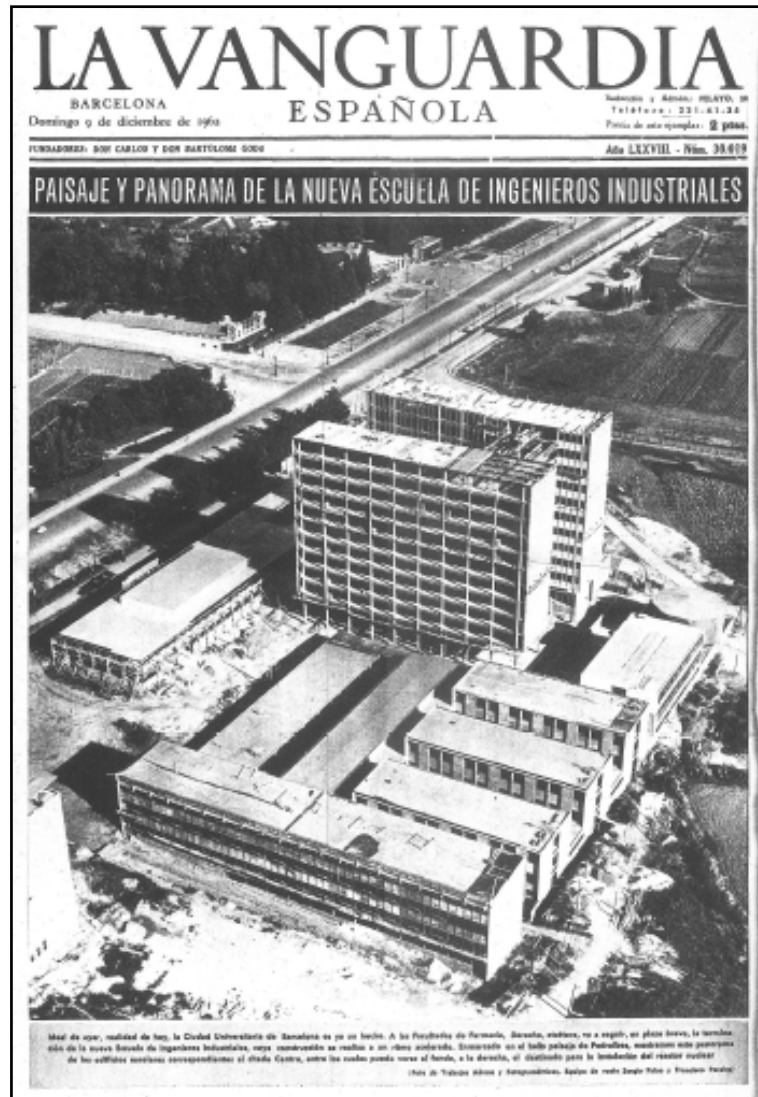


Figura 6.43 Font: La Vanguardia 9 de desembre de 1962.

Annex -1 Articles d'època

AMPLIA JORNADA DE TRABAJO DEL MINISTRO DE EDUCACIÓN NACIONAL. El señor Lora Tamayo visitó por la mañana la zona universitaria de Pedralbes.³²

El ministro de Educación Nacional, señor Lora Tamayo, inició su jornada de ayer en Barcelona, con la visita a la Escuela Superior Técnica de Arquitectura y a las obras de la Escuela Superior Técnica de Ingenieros Industriales, en la Ciudad Universitaria de Pedralbes.

³² La Vanguardia 5 de gener de 1964



Figura 6.44 La Vanguardia 5 de gener de 1964

El ministro llegó al primero de dichos centros a las diez de la mañana, acompañado de los directores generales de Enseñanza Universitaria y de Bellas Artes, señores Martínez Moreno y Nieto, respectivamente. Fueron recibidos por el director de la Escuela don Roberto Terradas, claustro de profesores y miembros de la Comisión Permanente del Centro. Seguidamente el ministro se reunió en la sala de juntas con las personalidades de su séquito y las personalidades que le dieron la bienvenida. El señor Terradas explicó al ministro los pormenores de las actividades de la Escuela, tratándose también de los nuevos planes de estudio. Finalizada la reunión, el señor Lora Tamayo y sus acompañantes recorrieron detenidamente las dependencias del Centro, que el ministro visitaba por primera vez.

A continuación el ministro y los directores generales que le acompañan en esta visita, se trasladaron al edificio en construcción de la Escuela Superior Técnica de Ingenieros Industriales, próxima a la Escuela de Arquitectura, donde fue recibido por el director del primero de dichos centros, don José María Orbaneja y los directores honorarios don Francisco Planell y don Damián Aragonés. Estaban también presentes para complimentar al ministro el claustro de profesores. En la entrevista que el ministro mantuvo con el profesorado, el señor Orbaneja expuso al señor Lora Tamayo la

necesidad de ampliar las instalaciones de este moderno edificio significándole las obras más apremiantes, cuyos planos mostró al ministro.

LA NUEVA ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES. El ritmo de las obras permite augurar la apertura de sus aulas para el próximo curso. Proyecto para crear un amplio complejo de laboratorios e instalaciones piloto.³³

La Escuela Superior Técnica de Ingenieros Industriales está ubicada actualmente en el recinto de la Escuela de Trabajo, en la calle Urgel. Hace ya varios años que sus instalaciones son exiguas; no responden a las necesidades del momento; la matrícula aumenta por imperativos del progreso industrial del país y aunque la falta de espacios crea dificultades, las enseñanzas se cubren, con la mayor garantía.

La nueva Escuela Superior Técnica de Ingenieros Industriales
EL RITMO DE LAS OBRAS PERMITE AUGURAR LA APERTURA DE SUS AULAS PARA EL PROXIMO CURSO. — PROYECTO PARA CREAR UN AMPLIO COMPLEJO DE LABORATORIOS E INSTALACIONES PILOTO

La Escuela Superior Técnica de Ingenieros Industriales está ubicada actualmente en el recinto de la Escuela de Trabajo, en la calle Urgel. Hace ya varios años que sus instalaciones son exiguas; no responden a las necesidades del momento; la matrícula aumenta por imperativos del progreso industrial del país y aunque la falta de espacios crea dificultades, las enseñanzas se cubren, con la mayor garantía. Pero es urgente habilitar aulas de gran capacidad; y laboratorios modernos, bien dotados con equipos de investigación, donde los alumnos puedan practicar sin restricciones de ningún género. Urge alcanzar esos elementos docentes. Por fortuna estamos ya en el camino de grandes e inmediatas realidades.

Si ustedes visitan el núcleo de la Ciudad Universitaria, en Pedrales, podrán ver, a un lado de la avenida del Generalísimo, saliendo de Barcelona, a la izquierda, y poco más allá de la Escuela de Arquitectura, unos grandes edificios en construcción. Muy avanzados ya. A punto de terminar. Ahí quedará instalada la nueva Escuela Superior Técnica de Ingenieros Industriales. Una gran avanzada de las enseñanzas técnicas en nuestra ciudad. Plena realización, abierta a toda clase prometedora perspectivas en el campo de una disciplina llamada a las mayores empresas del quehacer nacional. Hacen falta muchos hombres formados en las aulas de la ingeniería industrial. El país reclama, en esta hora del Plan de Desarrollo, un esfuerzo supremo de estas ramas del saber. Lógico, pues, que nazcan centros dignamente dotados, para que los frutos sean óptimos. Barcelona está a punto de alcanzar la cima de sus anhelos en este camino de superaciones.

Capaz para tres mil alumnos

En el «Boletín Oficial del Estado» del pasado jueves, apareció un decreto autorizando obras adicionales y mejoras de los cuerpos A y B de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Barcelona, por importe de m. s. de dieciséis millones de pesetas. Esos recursos permitirán acelerar la terminación del edificio, cuyas obras habían quedado últimamente en cierto modo paralizadas. Todo hace suponer que, siguiendo un ritmo normal de trabajo, las aulas del nuevo centro universitario podrán abrir sus puertas para el curso de 1964-65, como afirmó ayer tarde el ministro de Educación Nacional. No está totalmente acabada la Escuela, pero permitirá abandonar las insustancias de la Escuela de Trabajo y llevar a cabo el deseado traslado. La capacidad de alumnado se elevará, entonces, a más de tres mil. Quedará atendida la necesidad de ahora y la de un futuro bastante lejano, aunque, como es presumible, acudan cada vez mayor número de estudiantes a estas disciplinas.

ATENCIÓN A LAS ENSEÑANZAS BÁSICAS

Pero la Escuela se va a limitar, en este empeño de mejoras, a unas aulas más amplias. Ya mucho más lejos en la empresa. Después de completar las instalaciones de los nuevos edificios, equipados con elementos necesarios a la enseñanza específica de la ingeniería industrial, se habilitarán grandes laboratorios e instalaciones piloto en zonas próximas al edificio central. En la actualidad se redactan los proyectos para esa importantísima fase. Los terrenos tienen una extensión superior a la que ocupan los distintos cuerpos de la Escuela, y están situados en la zona de Pedrales, cerca del nuevo campo de fútbol del Barçelona. Allí se concentrarán un amplio complejo de elementos indigen-

etapa nacional, con la puesta en marcha del Plan de Desarrollo, que exige las máximas esfuerzos. Y en el campo de las enseñanzas técnicas será aún más necesario el empeño común. Complace saber que Barcelona dispondrá en breve de un magnífico núcleo universitario para la buena preparación de los futuros ingenieros industriales.

EL REACTOR NUCLEAR

Desde el mes de junio de 1962, funciona en la futura nueva Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, un reactor experimental, «Argos» de energía nuclear, donado al centro por la Cámara Oficial de Industria de Barcelona. Un positivo instrumento al servicio de la enseñanza y de la propia industria; ejemplo, como dijo el presidente de la Cámara, señor Par Tusquets en el momento de ofrecer el reactor, de las ambiciosas metas que pueden alcanzarse cuando los técnicos y los empresarios ponen a contribución su esfuerzo. El reactor ha prestado ya importantes servicios para la formación de técnicos especializados en la ingeniería nuclear.

EN BREVE SE COMPLETARAN LAS INSTALACIONES DE LA ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA

El nuevo edificio de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura fue inaugurado el pasado curso 1962-63, en el núcleo universitario de Pedrales. Forma un amplio conjunto, levantado sobre una superficie de 9.500 metros cuadrados. Sus aulas son amplias, luminosas; responden por completo a las más modernas exigencias. Consta de 19 dependencias para las clases orales; 8 para la enseñanza gráfica, biblioteca y despachos administrativos.

No está terminada del todo la Escuela. Es preciso completar sus instalaciones. Se confía poder realizar en breve esa tarea, necesaria para la mejor capacitación de los futuros arquitectos. Se prevé la construcción de un auditorio como Aula Magna, tres nuevas salas de dibujo y diversos laboratorios. También han de reforzarse los actuales laboratorios y el mobiliario. No han de tardar los recursos precisos para realizar toda esa labor complementaria. Hasta ese momento, la Escuela no estará totalmente dotada.

Como en las demás disciplinas, se aprecia en Arquitectura un aumento considerable de alumnos. El índice del último curso fue del orden del 20 por ciento en relación al año anterior. La matrícula actual es de 725 estudiantes. Las aulas están proyectadas para una capacidad superior a los 1.200.

Miguel MARTIN

NUEVOS CURSOS: 7 y 8 DE ENERO
ACADEMIA PORTA
 EXCLUSIVA para la MUJER
 MECANOGRAFAS, TAQUIGRAFAS, AUXILIARES
 OFICINA, CORRESPONSALES, SECRETARIAS COMERCIALES
 Rambla Cataluña, 70, primeros Teléfono 227-18-61

Figura 6.45 La Vanguardia 5 de gener de 1964

³³ La Vanguardia 5 de gener de 1964

Pero es urgente habilitar aulas de gran capacidad; y laboratorios modernos, bien dotados con equipos de investigación, donde los alumnos puedan practicar sin restricciones de ningún género. Urge alcanzar esos elementos docentes. Por fortuna estamos ya en el camino de gratas e inmediatas realidades.

Si ustedes visitan el núcleo de la Ciudad Universitaria, en Pedralbes, podrán ver, a un lado de la avenida del Generalísimo, saliendo de Barcelona, a la izquierda, y poco más allá de la Escuela de Arquitectura, unos grandes edificios en construcción. Muy avanzados y a punto de terminar. Ahí quedará instalada la nueva Escuela Superior Técnica de Ingenieros Industriales. Una gran avanzadilla de las enseñanzas técnicas en nuestra ciudad. Plena realización, abierta a toda clase promovedoras perspectivas en el campo de una disciplina llamada a las mayores empresas del quehacer nacional. Hacen falta muchos hombres formados en las aulas de la ingeniería industrial. El país reclama, en esta hora del Plan de Desarrollo, un esfuerzo supremo de estas ramas del saber. Lógico, pues, que nazcan centros dignamente dotados, para que los frutos sean óptimos. Barcelona está a punto de alcanzar la cima de sus anhelos en este camino de superaciones.

112

Capaz para tres mil alumnos

En el Boletín Oficial del Estado del pasado jueves, apareció un decreto autorizando obras adicionales y mejoras en los cuerpos A y B de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros industriales de Barcelona, por importe de más de dieciséis millones de pesetas. Esos recursos permitirán acelerar la terminación del edificio, cuyas obras habían quedado últimamente en cierto modo paralizadas. Todo hace suponer que, siguiendo un ritmo normal de trabajo, las aulas del nuevo centro universitario podrán abrir sus puertas para el curso de 1964-65, como afirmó ayer tarde el ministro de Educación Nacional. No estará totalmente acabada la Escuela, pero permitirá abandonar las instalaciones de la Escuela de Trabajo y llevar a cabo el deseado traslado. La capacidad de alumnado se elevará, entonces, a más de tres mil. Quedará atendida la necesidad de ahora y la de un futuro bastante lejano, aunque, como es

presumible, acudan cada vez mayor número de estudiantes a estas disciplinas.

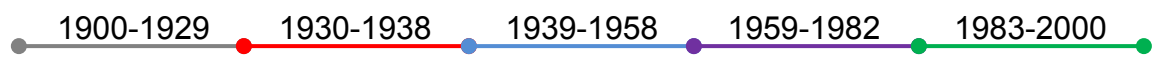
Atención a las enseñanzas básicas

Pero la Escuela no va a limitarse, en este empeño de mejoras, a unas aulas más amplias. Va mucho más lejos en la empresa. Después de completar las instalaciones de los nuevos edificios, equipados con elementos necesarios a la enseñanza específica de la ingeniería industrial, se habilitarán grandes laboratorios e instalaciones piloto en zonas próximas al edificio central. En la actualidad se redactan los proyectos para esa importantísima fase. Los terrenos tienen una extensión superior a la que ocupan los distintos cuerpos de la Escuela, y están situados en la parte posterior cerca del nuevo campo de fútbol del Barcelona. Allí se concentrarán un amplio complejo de elementos indispensables para las enseñanzas básicas del centro. Una perspectiva prometedora que todos deseamos pueda transformarse muy pronto en realidad. No debe haber, por tanto, demoras ni retrocesos en la tarea de completar las aulas y los laboratorios. Se abre una etapa nacional, con la puesta en marcha del Plan de Desarrollo, que exige los máximos esfuerzos. Y en el campo de las enseñanzas técnicas será aún más necesario el empeño común.

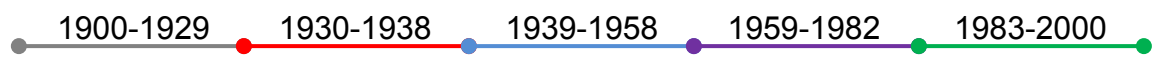
Complace saber que Barcelona dispondrá en breve de un magnífico núcleo universitario para la buena preparación de los futuros ingenieros industriales.

Figura 6.1 Biga d'inèrcia constant amb càrrega uniforme.	10
Figura 6.2 Pòrtic simètric amb càrrega uniforme.	10
Figura 6.3 Pòrtic asimètric d'inèrcia constant amb càrrega uniforme.	10
Figura 6.4 Programari ESTRUWIN.	11
Figura 6.5 Detall secció.	63
Figura 6.6 Detall cimentació.	64
Figura 6.7 Detall construcció.	66
Figura 6.8 Detall constructiu.	67
Figura 6.9 Detall construcció.	68
Figura 6.10 Detall ancoratges.	69
Figura 6.11 Detall planta soterrani.	71
Figura 6.12 Detall construcció.	72
Figura 6.13 Detall construcció.	73
Figura 6.14 Visió de la Pedrera.	74
Figura 6.15 Mortalitat per tuberculosi a Barcelona (1900-1938)	76
Figura 6.16 Axonometria del Dispensari Antituberculós.	77
Figura 6.17 Article del dispensari antituberculós. Font: La Vanguardia 14 de setembre de 1933.	78
Figura 6.18 Detall de la construcció del Dispensari.	81
Figura 6.19 Plànol de Fonaments i Desaigües.	82
Figura 6.20 Habitatge del porter durant la seva construcció i en l'actualitat.	83
Figura 6.21 Distribució planta Dispensari.	83
Figura 6.22 Detall de la construcció de la sala de conferències. Fons: M. Michaelis	86
Figura 6.23 Estat actual de la sala de conferències.	87
Figura 6.24 Detall actual de la biblioteca.	88
Figura 6.25 Detall construcció Dispensari.	89
Figura 6.26 Axonometria de l'estructura.	91
Figura 6.27 Estructura Casa Bloc.	92
Figura 6.28 Imatge del Convent de Sant Sebastià; seu durant el període (1851-1873).	96
Figura 6.29 Universitat Literària; seu durant el període (1874-1927)	96
Figura 6.30 Edifici del Rellotge; seu durant el període (1927-1964)	97

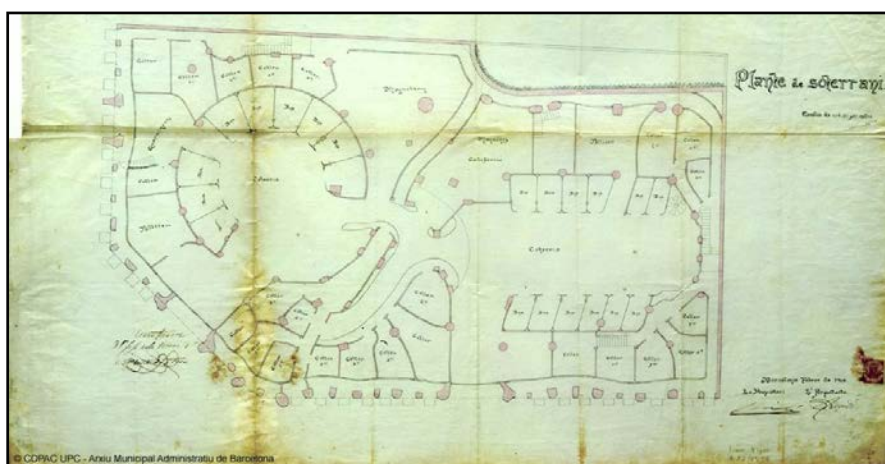
Figura 6.31 Actual edifici de l'E.T.S.E.I.B. Avinguda Diagonal 647	97
Figura 6.32 Imatges del <i>Proyecto de Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales en el Núcleo Universitario de Barcelona</i> . Robert Terradas i Via	98
Figura 6.33 Organización de las obras por cuerpos de edificación. Proyecto de Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales en el núcleo universitario de Barcelona.	102
Figura 6.34 Organización de las obras por cuerpos de edificación. Proyecto de Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales en el núcleo universitario de Barcelona.	103
Figura 6.35 Detall del Mètode de Cross (I).....	103
Figura 6.36 Detall del Mètode de Cross (II).....	104
Figura 6.37 Detall dels elements estructurals.	104
Figura 6.38 Detall del càlcul de l'efecte del vent.	104
Figura 6.39 Detall de la comprovació d'una jàssera.....	105
Figura 6.40 Vista aèria de l'estructura de l'Escola.....	106
Figura 6.41 Reactor i torre en construcció.	107
Figura 6.42 Seccions de les columnes metàl·liques de les torres. Font: Memòria de càlculs	108
Figura 6.43 Font: La Vanguardia 9 de desembre de 1962.	109
Figura 6.44 La Vanguardia 5 de gener de 1964	110
Figura 6.45 La Vanguardia 5 de gener de 1964	111



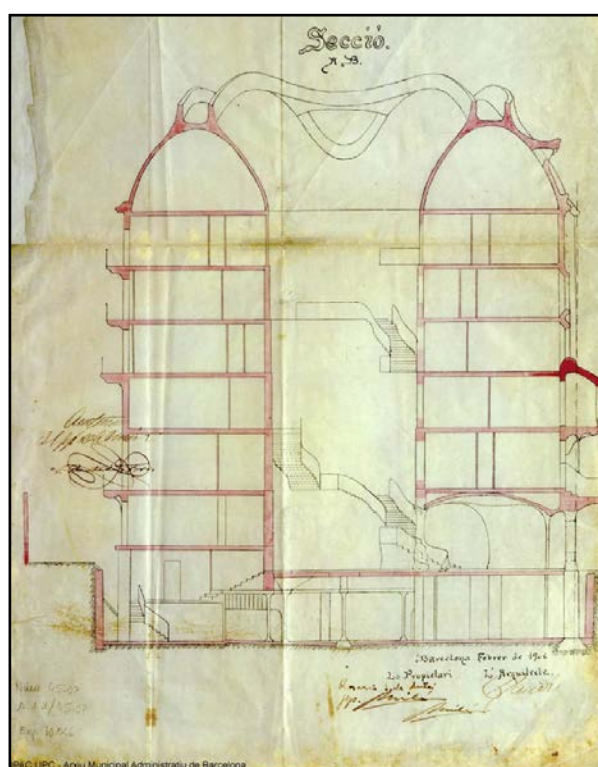
ALGUNES OBRES REFERENTS



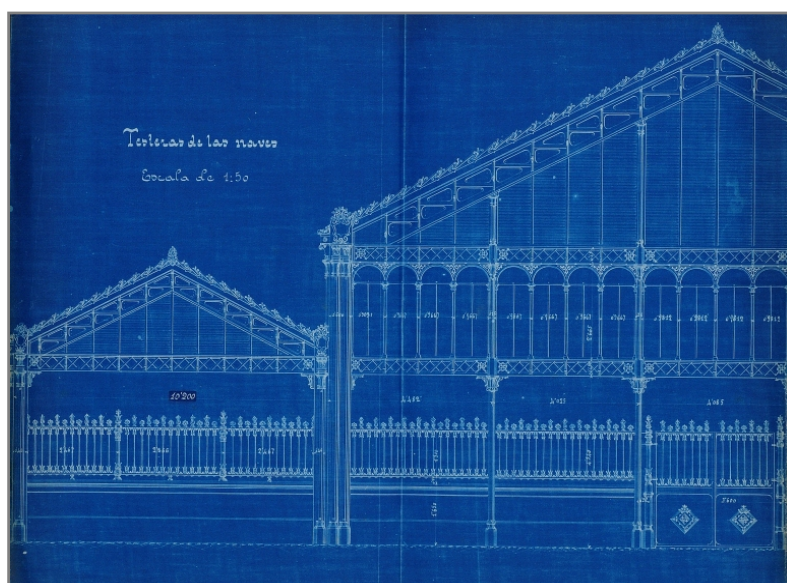
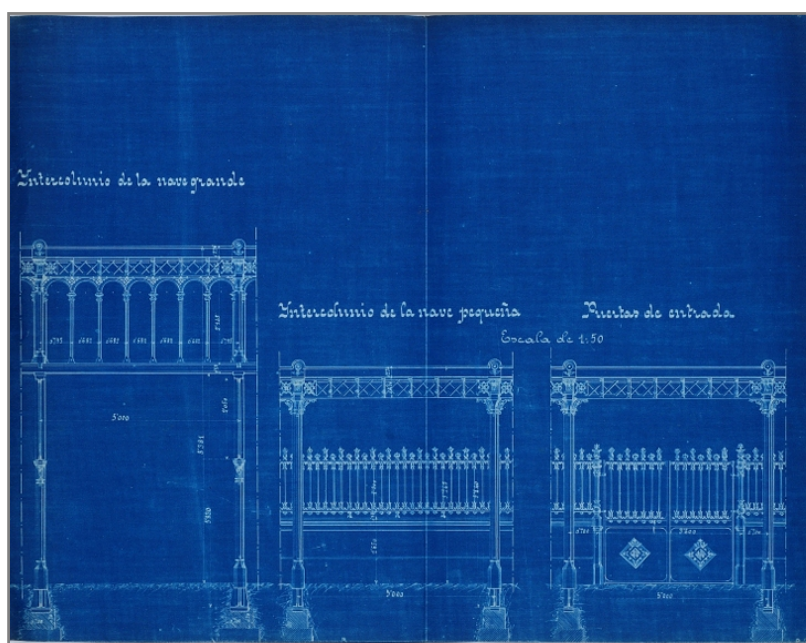
	Casa Milà
Arquitecte	Antoni Gaudí
Localització	Passeig de Gràcia, 92
Anys	1906-1910



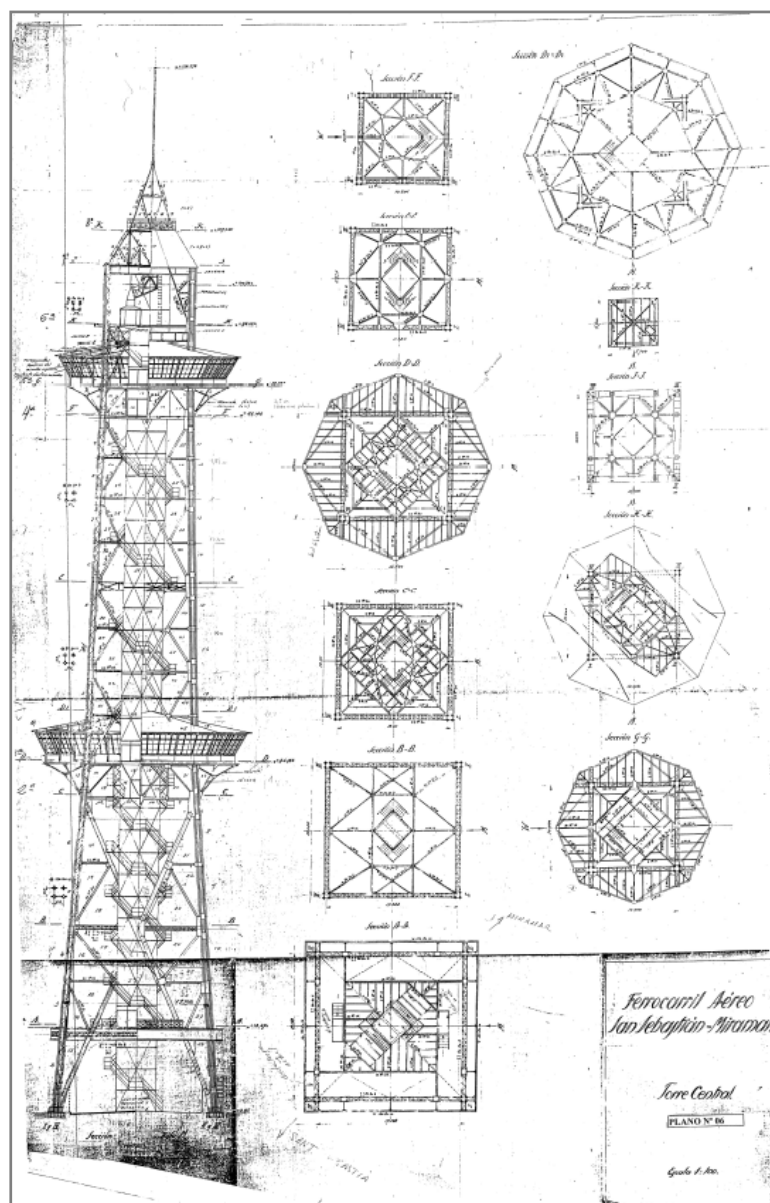
118



	Mercat de la Llibertat
<i>Arquitecte</i>	Miquel Pascual Tintorer
<i>Localització</i>	Plaça de la Llibertat, 27
<i>Anys</i>	1888



	Torre Jaume I
Arquitecte	Carles Buïgas
Localització	Moll de Barcelona s/n
Anys	1931



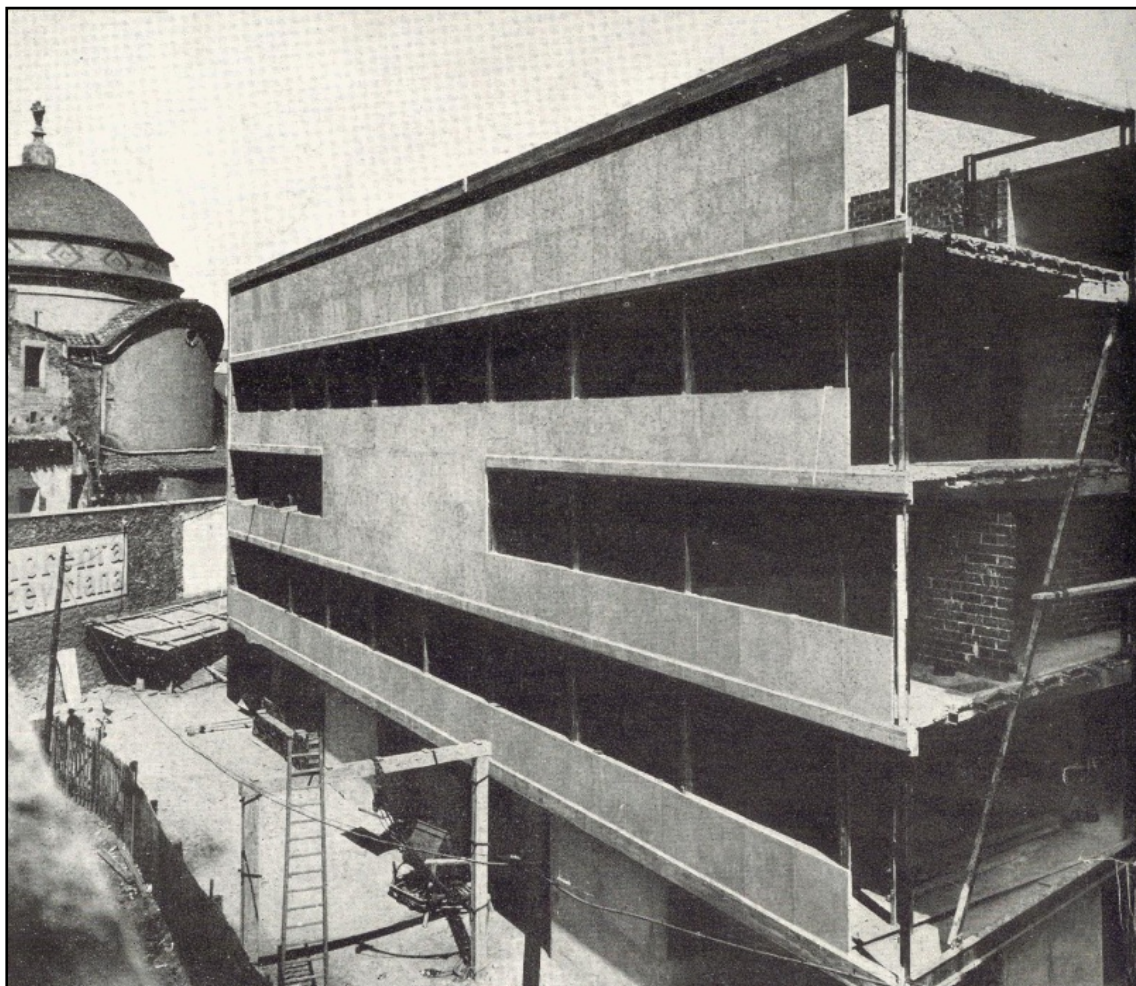
	Estació de França	
Arquitecte	Pedro de Muguruza Otaño Raimon Duran Reynals Andreu Montaner Serra (eng.)	Salvador Soteras Taberner Pelayo Martínez Paricio Eduard Perxes (eng.)
Localització	Av. Marquès de l'Argentera,6	
Anys	1924-1929	



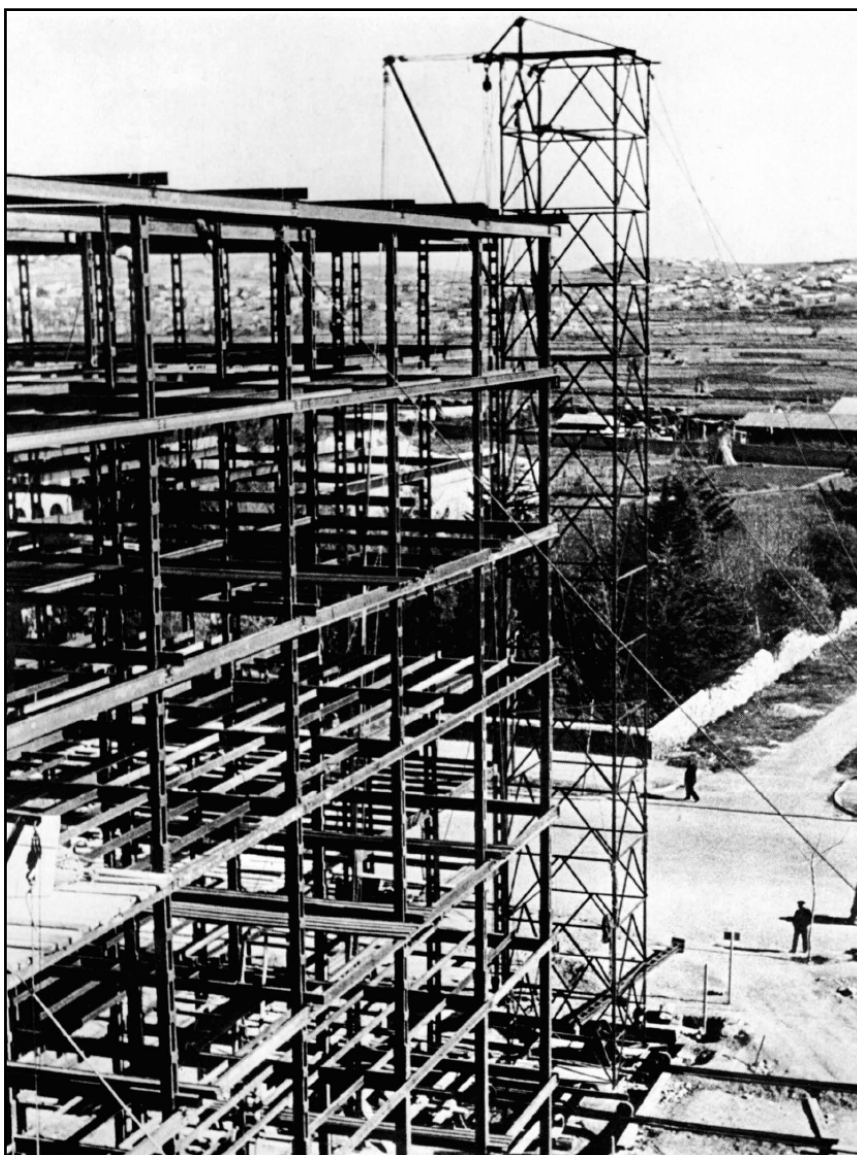
	Fàbrica Myrurgia
Arquitecte	Antoni Puig i Gairalt
Localització	Mallorca, 351; Nàpols, 238
Anys	1928-1930



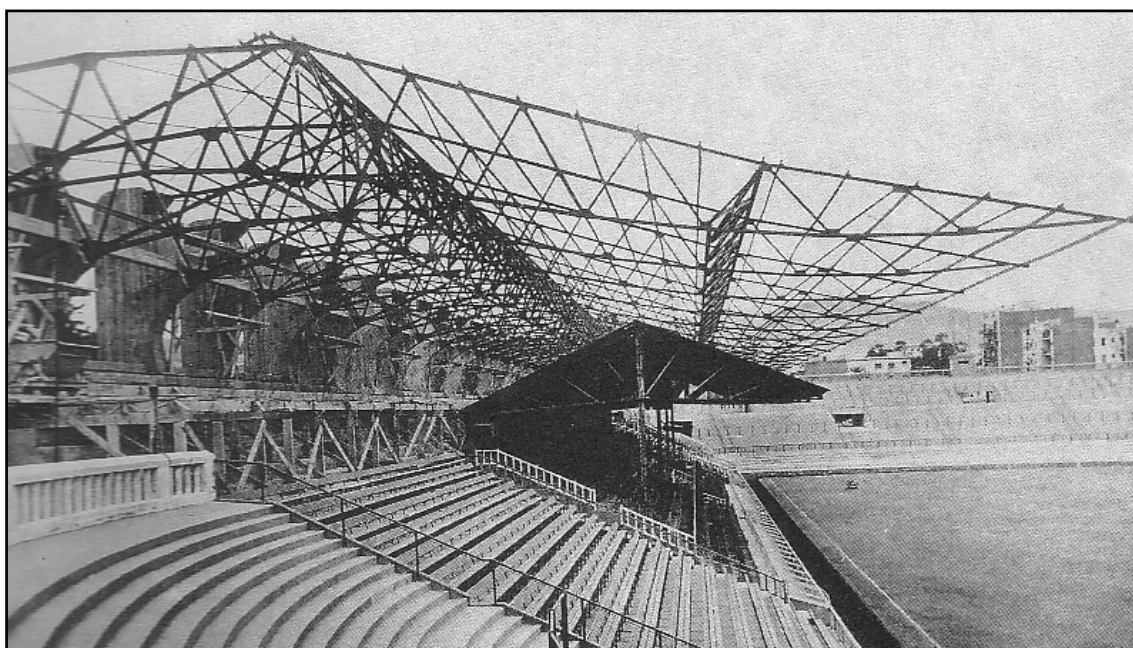
	Dispensari Antituberculós
Arquitecte	Josep Lluís Sert, Josep Torres Clavé, Joan Baptista Subirana
Localització	Passatge Sant Bernat, 10 ; C/Torres i Amat s/n
Anys	1934-1938



	Casa Bloc
Arquitecte	Josep Lluís Sert, Josep Torras Clavé, Joan Baptista Subirana
Localització	Passeig Torras i Bages, 91-95
Anys	1932-1936



	Coberta de l'Estadi de les Corts	
Arquitecte	José M ^a Sagnier Vidal	Eduardo Torroja Miret (eng.)
Localització	Illa dels carrers Numància, Trav. de les Corts, Vallespir.	
Anys	1943-1945	

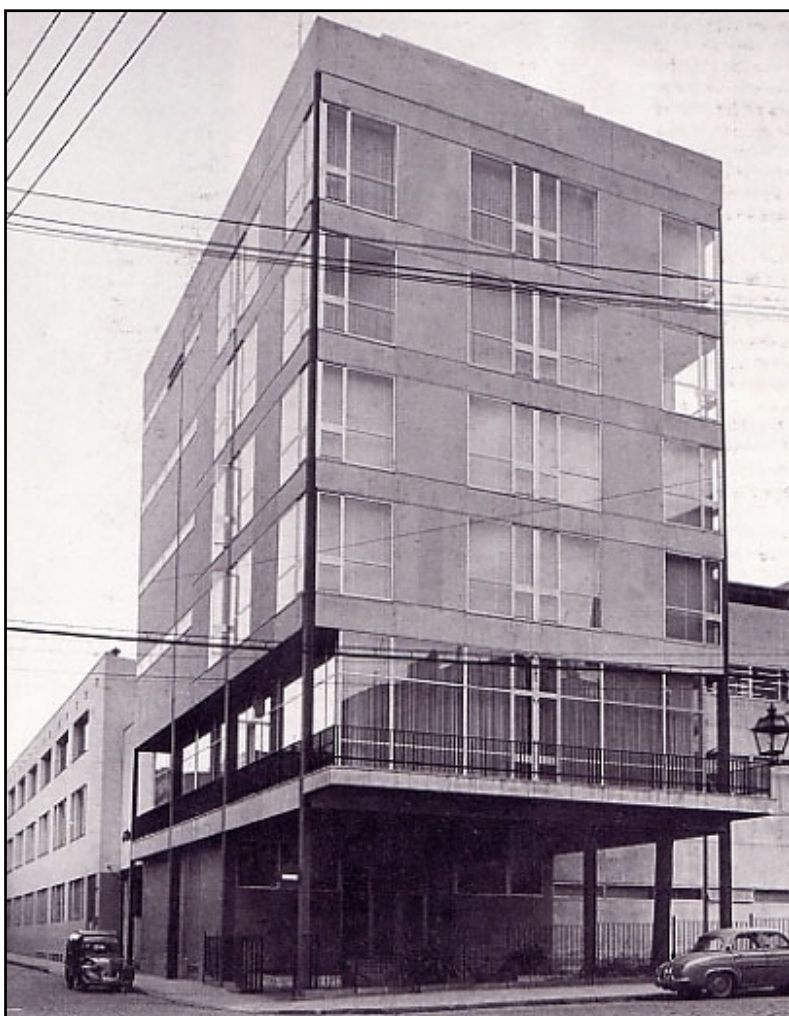


•

	Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona
Arquitecte	Robert Terradas i Via
Localització	Diagonal,647
Anys	1959



	Laboratoris Uriach
Arquitecte	Manuel Ribas Piera
Localització	Degà Bahí, 67
Anys	1958-1961



	Dipòsit d'automòbils Seat	
Arquitecte	César Ortiz Echagüe	Rafael Echaide Itarte
Localització	Gran Via Corts Catalanes, 140	
Anys	1958-1960	



	Facultat de Dret	
Arquitecte	Guillem Giráldez i Dávila Xavier Subias i Fages	Pere López i Iñigo
Localització	Av. Diagonal, 684	
Anys	1958	



	Col·legi d'Arquitectes de Catalunya i Balears
Arquitecte	Xavier Busquets i Sindreu
Localització	Plaça Nova, 5
Anys	1958-1962



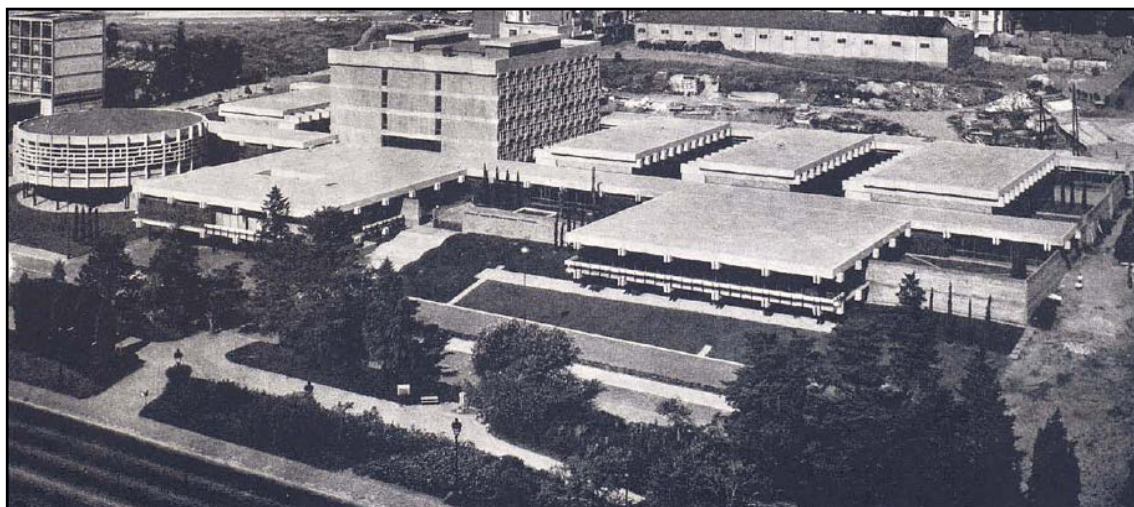
	Canòdrom Meridiana	
Arquitecte	Antoni Bonet i Castellana	Josep Puig Torné
Localització	Concepció Arenal, 165	
Anys	1962-1963	



	Coberta de l'Estadi del Futbol Club Barcelona	
Arquitecte	Lorenzo García - Borbón Josep Soteras i Mauri	Francesc Mitjans i Miró
Localització	Travessera de les Corts, s/n; Av. Joan XXIII	
Anys	1954-1957	



	Facultat d'Economia i Empresa	
Arquitecte	Guillem Giráldez i Dávila Xavier Subias i Fages	Pere López i Iñigo
Localització	Av. Diagonal, 690	
Anys	1964-1967	



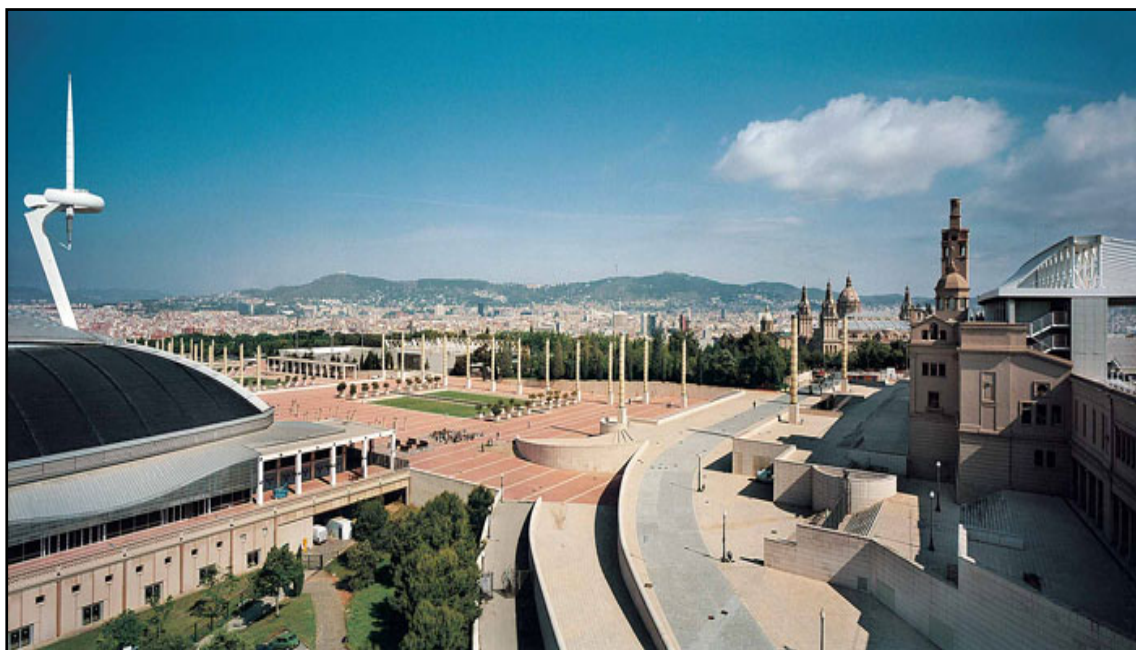
	Banc de Sabadell	
Arquitecte	Francesc Mitjans	Santiago Balcells Gorina
Localització	Balma 168-170	
Anys	1966-1969	



	Mercat de Santa Caterina	
Arquitecte	Enric Miralles	Benedetta Tagliabue
Localització	Av. Francesc Cambó s/n	
Anys	1997-2005	

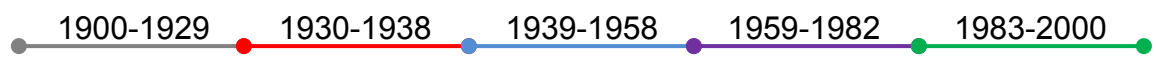


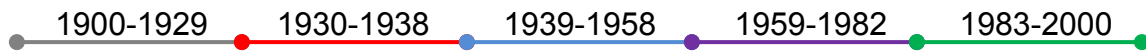
	Palau d'Esports Sant Jordi
Arquitecte	Arata Isozaki
Localització	Av. De l'estadi
Anys	1985-1990



	Hotel Arts
Arquitecte	Bruce Graham
Localització	La Marina, 19-21
Anys	1992







BLOC 7. Conclusions.

Ja està net i endreçat.

Els armaris tancats, com les finestres.

No ens hem descuidat res damunt dels mobles.

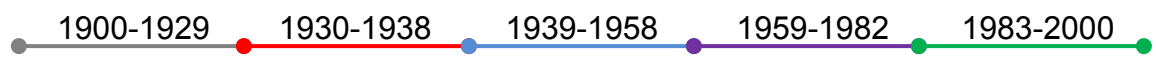
El dormitori amb el llit fet,

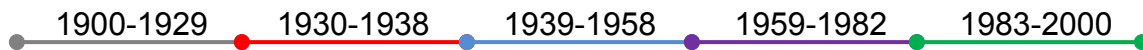
la tauleta de nit amb el retrat

de la noia amb els ulls il·luminats

per un somriure.

Tot l'hivern sola i escoltant el mar.

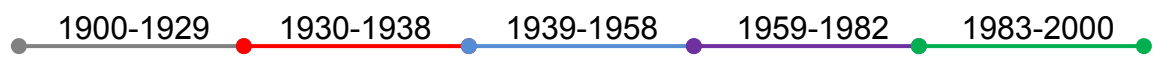




*Abans de començar amb aquest darrer apartat m'agradaria parlar del títol; perquè **De Gaudí a Miralles, cent anys d'Estructura Metàl·lica a Barcelona**.*

*De fet no són dos arquitectes que hagin despuntat per un ús exclusiu de l'estructura metàl·lica. Ara bé ningú dubta, i així ho he pogut constatar, que en preguntar per un arquitecte de principi de segle XX i un altre de final la resposta ha estat clara; **Antoni Gaudí i Enric Miralles** -respectivament. I a més afegeixen dues obres emblemàtiques; la casa Milà (amb permís de la Sagrada Família) i el mercat de Santa Caterina. Dos mestres que han configurat l'espai a Barcelona, emprant distintes tipologies una de les quals era la metàl·lica.*

Així doncs, en voler fer un estudi d'aquesta tipologia estructural s'ha pres el nom de dos arquitectes molt coneguts a la ciutat; l'un que encapçala el segle, l'altre que l'acaba i que han emprat tecnologia, mètodes de càlcul i normativa de la seva pròpia època amb la qual han configurat la ciutat, la meua ciutat, amb uns elements i característiques especials.





Conclusions.

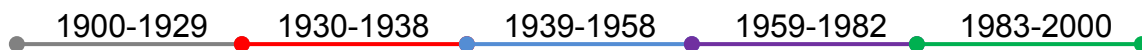
Tal i com s'esbossava al principi de l'estudi que ens ocupa, un element capital per a la comprensió tant de les obres com dels mètodes de càlcul i normatives oficials és el de la contextualització històrica. Cap dels ítems anteriors pot ser plenament comprés si no ha estat particularitzat en un ambient històric concret.

Partint d'aquest fet s'ha pres sempre com a punt bàsic el fet històric; aquells esdeveniments històric - socials que s'han succeït i que, sens dubte, han influït en els elements anteriorment citats. Partint d'aquest element primordial podem arribar a entendre perquè en un determinat moment històric es pren en consideració una normativa, s'implementa un mètode de càlcul o simplement entendre perquè la tecnologia de fabricació pren com a elements claus uns de concrets en detriment d'uns altres que feia temps que s'empraven.

El nostre estudi s'ha centrat en els cinc BLOCS presos com a fonamentals amb les característiques especials que els han configurat.

A principis de segle XX -degut al creixement que es produïa en les ciutats així com un augment del comerç entre elles- es veié la necessitat que les vies de comunicació entre les diferents regions haguessin d'augmentar i millorar. Aquest fet, indirectament influirà en què les primeres normatives metàl·liques que es duen a terme a l'estat espanyol restaran lligades a l'àmbit del món ferroviari i al de carreteres; les comunicacions.

Un cop aquestes fites es comencen a assolir, i amb el creixement de les ciutats es veu que la normativa existent no satisfà plenament la realitat. Així doncs, i degut a aquest nou fet històric, es produirà la publicació de la primera normativa estatal d'àmbit metàl·lic i que abastà plenament tots els àmbits desitjats. De ben segur que hauria tingut molt anys de vigència si no hagués estat per una altre factor cabdal; la Guerra Civil Espanyola i les seves tràgiques conseqüències. Així doncs la normativa restrictiva de l'any 1941 te sentit en un context de postguerra on l'escassetat del material fèrric obligava a restringir aquest material. Aquest fet també tingué una important conseqüència. Com els professionals havien de fer servir altres materials com per exemple el formigó, es començaren a editar manuals i llibres tècnics que aviat foren referents a



nivell europeu en detriment dels d'estructura metàl·lica que fonamentalment continuaven essent francesos o anglesos.

Un cop aquest període es va superant apareixeran tot un seguit de normatives que només tindran ple sentit si pensem en el desenvolupament que s'estava produint. Aquesta nova realitat, tant d'habitatges, d'institucions, de centres docents i sanitaris, entre d'altres, feu veure que la normativa restrictiva havia quedat obsoleta.

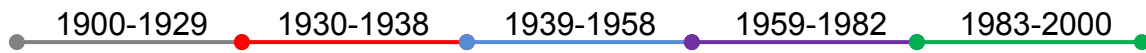
Finalment, la darrera part de segle, contextualitzada en una obertura total a Europa provocarà també la promulgació de les normatives de caire europeu.

El mateix podem dir dels mètodes de càlcul. Els primers que hem presentat, fàcils de formular, tenien el problema que per a resoldre'ls s'havia d'operar amb un nombre elevat d'incògnites. Aquest fet provocà, que degut a laboriositat matemàtica que comportaven, es deixessin aparcats fins que aquest problema quedés resolt -com passarà anys més tard amb el desenvolupament de les eines informàtiques- generant els mètodes numèrics. Mentre aquests no estaven disponibles pel calculista, sorgiren el mètodes gràfics i els mètodes iteratius d'entre els qual destaca el mètode de Cross - que com he justificat- considero la gran aportació al càlcul d'estructures del segle XX.

Així doncs, es gosaria concloure remarcant **la importància cabdal del coneixement històric** per part del tècnic. El context històric ha marcat, i marca, la caracterització i evolució de les normatives i mètodes que s'han emprat, i s'empren actualment.

L'estructura metàl·lica ha estat constant al segle XX malgrat que els luctuosos fets de la Guerra Civil, i la seva conseqüent escassetat, provocaren un endarreriment d'aquesta tecnologia respecte a d'altres països europeus. Malgrat això, vèiem que aquest fet provocà una gran especialització espanyola en d'altres materials com foren el formigó -i el formigó armat- principalment.

Respecte a les normatives, remarcar, com s'ha dit, la importància de la norma de l'any 1930 -la primera genèrica i oficial a l'estat espanyol d'àmbit



metàl·lic- així com la de 1941, per el seu caire restrictiu que l'ha configurada com una normativa distinta a totes les altres.

Dels mètodes de càlcul, novament lloar les característiques del mètode de Cross, que he gosat considerar el gran mètode; la gran aportació al càlcul d'estructures, fent meves les paraules que he citat prèviament del gran Fernández Casado; *un pedazo de papel y un lápiz bastan para acometer el análisis de cualquier estructura reticular.*



Aportació original.

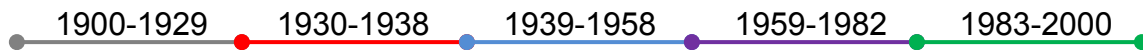
El present estudi ha volgut explicar l'evolució de l'estructura metàl·lica de forma integral i pautada dins uns períodes de temps especificats i justificats. Aquest estudi, de forma global, no existia fins ara ja que només s'havien referenciat parts específiques però sense lligar-les i relacionar-les entre elles.

Entre els ítems que s'han estudiat podem citar:

- Context històric i sociològic de cada període en què s'ha dividit el segle.
- Mètodes de càlcul i anàlisi estructural en funció de les eines disponibles en cada moment.
- Ensenyament de l'anàlisi estructural a les escoles d'Enginyeria i d'Arquitectura de Barcelona.
- Anàlisi crítica de la normativa en vigor a Espanya en cada període.
- Tecnologia emprada per a l'execució i control d'estructures.
- Una mostra significativa de diferents estructures construïdes dins cada períodes.

Amb el present estudi, com es deia, principalment s'ha explicat el perquè de determinats procediments en èpoques concretes en detriment d'altres. Aquest fet ha provocat que s'ha hagués de fer un estudi exhaustiu dels principals mètodes de càlcul que s'han desenvolupat durant el segle XX, així com una cerca i anàlisi de la normativa metàl·lica que s'ha anat publicant, aplicant i derogant. Aquesta informació s'ha obtingut de calculistes i/o arquitectes d'època així com de mestres de taller. Malauradament, degut a l'extensió del període, molts d'ells ja no són presents i, per tant, s'ha consultat el seu llegat així com arxius històrics que s'han pogut trobar. En aquests s'han cercat memòries de càlcul a partir de les quals s'ha pogut extrapolar part de la gènesi del projecte.

També cal fer esment que, per acabar de comprendre la solució adoptada, ha calgut veure quina era la tecnologia de fabricació i muntatge que els tècnics empraven així com les propietats mecàniques del material utilitzat -no sempre fàcils de trobar.

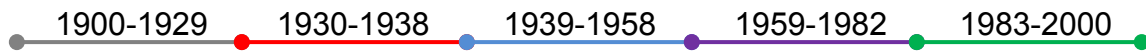


Futures investigacions.

Degut al fet que han estat diversos els camps que s'han estudiat, el futur tècnic interessat podria prendre alguna de les línies referenciades per abordar-ne un aprofundiment. Per exemple, els mètodes de càlcul i les seves implementacions, o bé les normatives, tot i verificant-los en obres no mencionades i/o exemples acadèmics -que de ben segur aportarien algun element específic nou. Cal recordar que, a vegades, l'escola on s'havia format el futur tècnic feia servir una metodologia o una altre distinta de la d'un altre centre. El mateix es podria dir si algú volgués aprofundir l'estudi de tecnologia emprada per a l'execució i control d'estructural o bé la tecnologia de fabricació duta a terme durant tot el segle passat.

De ben segur es generarien nous exemples o solucions específiques alhora que innovadores.

El treball també podria ser pres en consideració per a un futur tècnic que volgués lligar-lo, alhora que implementar-lo, dins el món de la rehabilitació; àmbit que cada dia va prenen més importància en el món constructiu i econòmic.

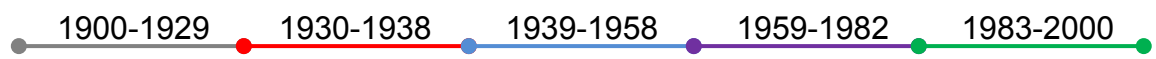


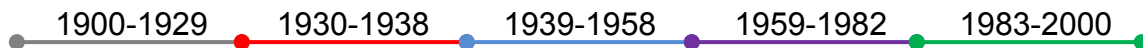
BLOC 8. Bibliografia.

M'acomio de tu estimat lector.

Fes servir la tecnologia que desenvolupen els enginyers, però
fes-ho amb esperit crític i humil. No permetis que la tecnologia et
domini i no la facis servir mai per imposar-te al altres

A Short History of Tractors in Ukrainian. Marina Lewycka(2005)





Bibliografia consultada

Acero para estructuras de edificación, valores estáticos, estructuras elementales (7ª ed.), Madrid, ENSIDESA, 1990

ALCOBERRO, CASTILLO, CORTADA, LLORENS, FERRERES (2009) *Crònica - Història 2 Batxillerat*. Barcelona: Teide.

ALICART GARCÉS, Federico (1968) "Ideas preliminares en torno a la mecanización del cálculo de estructuras". *Revista de Obras Públicas*, Fuente: 1968, 115, tomo I (3039): 517-533

ALICART GARCÉS, Federico (1969) "Métodos matriciales para mecanizar el cálculo de estructuras". *Revista de Obras Públicas*, Fuente: 1969, 116, tomo I (3045): 3-21

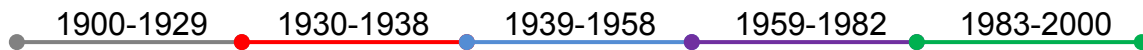
ALMODÓVAR RODRÍGUEZ, Vicente (1940) "Una aplicación del método de Cross: pórtico múltiple disimétrico sometido a sobrecarga móvil". *Revista de Obras Públicas*, Fuente: 1940, 88, tomo I (2702): 89-98

ANGULO PROTA, Luis (1960) "Comentarios sobre la plasticidad en el cálculo de estructuras". *Revista de Obras Públicas*, Fuente: 1960, 108, tomo I (2939): 158-166

ARGÜELLES ÁLVAREZ, Ramón (1975) *La Estructura metálica hoy*. Madrid: Bellisco.

ARGÜELLES ÁLVAREZ, Ramón (1981) *Cálculo de estructuras*. Madrid: Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes.

Arquitectura a Catalunya: l'era democràtica 1977-1996. Barcelona (1996): Centre d'Art Santa Mònica, 28 - 29 setembre 1996 / exposició organitzada amb motiu del XIX Congrés de la Unió Internacional d'Arquitectura.



BASSEGODA i NONELL, Joan (1985) *Antoni Gaudí*. Barcelona: Edicions 62.

BASSEGODA i NONELL, Joan (1987) *La Pedrera de Gaudí*. Barcelona: Fundació Caixa de Catalunya, 2^a edició.

BASSEGODA i NONELL, Joan (2003) *Josep Bayó Font, contractista de Gaudí*. Barcelona: Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona, Edicions UPC, 2003.

BATANERO, Juan, [et al.] (1971) *Estructuras metálicas de edificios*. Zamudio, Bilbao: Elexpuru Hermanos.

BENAVENT DE BARBERÀ, Pere (1939) *Cómo debo construir: manual práctico de construcción de edificios*. Barcelona: Bosch.

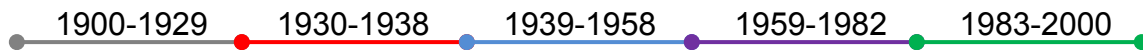
BENDIXEN, A. (1914) *Die Methode der Alpha-Gleichungen zur Berechnung von Rahmenkonstruktionen*. Berlín.

BERTOT, J. (1855) *Mémoires de la Société des Ingénieurs civils de France*, vol 8, 278-280.

BLANCO VILLORIA, José Luis (1956) "Otro método iterativo para el cálculo de estructuras reticulares". *Revista de Obras Públicas*, Fuente: 1956, 104, tomo I (2896): 429-433.

BLANCO VILLORIA, José Luis (1959) "Cálculo de estructuras reticulares". *Revista de Obras Públicas*, Fuente: 1959, 107, tomo I (2932): 516-523

BLEICH, F. (1936) "Calculation of statically indeterminate systems based on the theory of plasticity", Preliminary Publication, International Association for Bridge and Structural Engineering, Second Congress, 131-144, Berlin.



BOHIGAS, Oriol (1970) *Arquitectura i urbanisme durant la República*. Barcelona: Tusquets Editor.

CABANA, Francesc; FELIU Assumpció (1987) *Can Torras dels ferros: 1876-1985. Siderúrgia i construccions metàl·liques a Catalunya*. Barcelona.

CABANA, Francesc (1998) *Episodis de la burgesia catalana*. Barcelona: Proa.

CABANA, Francesc (2000) *37 anys de franquisme a Catalunya. Una visió econòmica*. Barcelona: Editorial Pòrtic.

CARDELLACH, Félix (1911) "La repulsión del tirante". Revista de Obras Públicas, Fuente: 1911, 59, tomo I (1862): 297-301

CARDELLACH, Félix (1911) "Filosofía de las estructuras". Revista de Obras Públicas, Fuente: 1911, 59, tomo I (1868): 382-385.

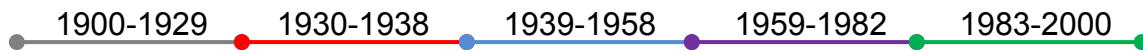
CARDELLACH, Félix, (1970) *Filosofía de las estructuras*. Barcelona: Técnicos asociados.

CASTIGLIANO, A. (1879) *Théorie de l'équilibre des systèmes élastiques et ses applications*. Turín.

Catálogo de perfiles laminados / Torras, Herrería y Construcciones (1928). Barcelona.

CEBALLOS PRADAS, Gonzalo (195-) *Apuntes de construcciones metálicas*. Barcelona: E.E.I.I.B.

CIRICI, Alexandre (1945) "Visión retrospectiva de la arquitectura en hierro", Cuadernos de arquitectura (p. 16-26). Any 1945. Núm. 4.



CLAPEYRON, B.P.E. (1857) "Calcul d'une poutre élastique reposant librement sur des appuis inégalement espacés", Comptes Rendus hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences, Paris, Vol.45, 1076-1080.

CLAPEYRON, B.P.E. (1858) "Mémoires sue le travail des forces élastiques dans un corps solide élastique déformé par l'action des forces extérieurs", Comptes Rendus hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences, Paris, Vo. 46, 208-212.

CIRICI, Alexandre (1945) "Visión retrospectiva de la arquitectura en hierro", Cuadernos de arquitectura, núm. 4, pág. 16-26.

COTTERILL, J. H. (1865) "On an extension of the dynamical principle of least action", London, Edinburgh and Dublin Philosophical Magazine, ser. 4, vol. 29,299.

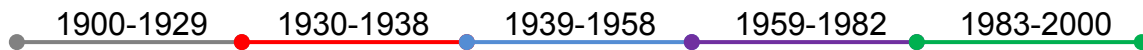
CREMONA, Luigi (1885) *Les figures reciproques*. Paris: Gauthier - Villars, Imprimeur - Libraire.

CROSS, H (1930). "Analysis of Continuous Frames by Distributing Fixed-End Moments", Proceeding of the American Society of Civil Engineers, Vol. 56, 919-28.

CUDÓS SAMBLANCAT, Vicente (1978) *Cálculo de estructuras de acero* (Vol. 1). Madrid: Blume

CUDÓS SAMBLANCAT, Vicente (1978) *Cálculo de estructuras de acero* (Vol. 2). Madrid: Blume

CULMANN, Karl, 1821-1881 (1880) *Traité de statitique graphique* / par C[arl] Culmann; traduit sur la deuxième édition allemande par G. Glasser et J. Jacquier et A. Valat. Paris: Dunod.



DESAI, ABEL (1972) "Introduction to the Finite Element Method: A Numerical Method for Engineering Analysis", Van Nostrand Reinhold Co., New York, 1972. Tenth Reprint.

ESTEFANIA, Joaquín "El compromiso histórico español". Memoria de la Transición, 1996

FERNÁNDEZ CASADO, Carlos (1940) *Cálculo de estructuras reticulares: nudos rígidos* (2ª ed. Ref.). Madrid: Dossat.

FERNÁNDEZ CASADO, Carlos (1941) *Resistencia*. Madrid.

FERNÁNDEZ CASADO, Carlos (1948) *Estructuras de edificios*. Madrid: Dossat.

FERNÁNDEZ CASADO, Carlos (1957) "Construcción, proyecto y cálculo". Revista de Obras Públicas, Fuente: 1957, 105, tomo I (2902): 51-54

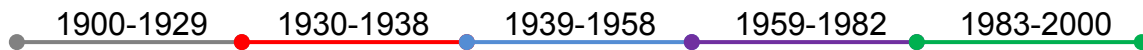
FERNÁNDEZ CASADO, Carlos (1967) *Cálculo de estructuras reticulares: nudos rígidos* (8ª ed. Reformada). Madrid: Dossat.

FERNÁNDEZ PÉREZ, Bernardino (1959) *Método de Cross*. Madrid: Dossat

FERNÁNDEZ TROYANO, MANTEROLA ARMISÉN, BONET CORREA (1997) *Carlos Fernández Casado*. Madrid: Fundación Esteyco.

FORNONS, José-María (1982) *El Método de los elementos finitos en la ingeniería de estructuras*. Barcelona: Universidad Politécnica de Barcelona. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales: Marcombo-Boixareu.

FORNONS, José-María (1996) *Teoría de estructuras*. Barcelona: E.T.S.E.I.B. CPDA.



FORNONS, José-María (1996) *Análisis de las estructuras continuas con comportamiento no lineal*. Barcelona: E.T.S.E.I.B. CPDA.

FRAMPTON, K. (1993) *Historia Crítica de la arquitectura moderna*. Barcelona: Ed. Gustavo Gili, Barcelona.

GAUDÍ, Antoni (2002) *Escritos y Documentos*. Barcelona: Acantilado.

GER Y LÓBEZ, Florencio (1897) *Tratado de construcción civil*. Badajoz: Establecimiento tipográfico La Minerva Extremeña; Madrid: Librería Nacional y Extranjera de Edmundo Capdeville.

GONZÁLEZ Antoni; LACUESTA Raquel (1995) *Barcelona Guía de arquitectura 1929-2000*. Barcelona: Gustavo Gili.

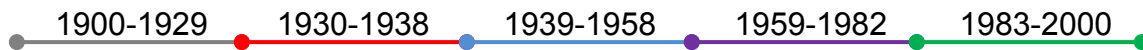
GONZÁLEZ, José Luis; CASALS, Albert (2002) *Gaudí y la razón constructiva: un legado inagotable*. Madrid: Akal.

GRADOWCZYK, Mario H (1966) *Calculo Matricial de Estructuras: con aplicaciones a las computadoras*. Buenos Aires: Universitaria.

GRAUS, Ramon; Rossell Jaume (2002) *Arquitectura, Construcció i Ciutat en la història d'Occident. Edificis a visitar*. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya.

GRAUS, Ramon; Rossell Jaume (2003) *Història de la construcció a la Catalunya contemporània / Ramón Graus i Jaume Rosell*. Apunts E.U.P.B. Història de la construcció a Catalunya.

GVOZDEV, A. A. (1938) "The determination of the value of the collapse load for statically indeterminate systems undergoing plastics deformation", Proceedings of the Conference on Plastic Deformations. December 1926, p. 19, Akademiia Nauk SSSR, Moscow - Leningrad.



HENKEL, Otto (1926) *Estática gráfica*. Barcelona: Labor.

HEYMAN, Jacques (1998) *Structural Analysis: A Historical approach*. Cambridge: Cambridge University Press.

Instrucción E.M. 62 para estructuras de acero / Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y del Cemento (1962). Madrid: Patronato de Investigación Científica y Técnica "Juan de la Cierva" del Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Instrucción para el empleo de la soldadura al arco en la construcción (1941). Instituto Técnico de la Construcción y Edificación

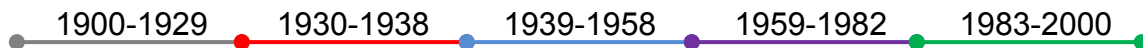
Instrucción para el proyecto y ejecución de obras de hormigón (1939). España. Ministerio de Obras Públicas. Burgos: Hijos de Santiago Rodríguez.

JONES, BURTON, Burton & Co. *Máquinas -herramientas de alta velocidad y otra maquinaria moderna* / Jones, Burton & Co. (19--), constructores de máquinas. Liverpool: Jones, Burton & Co.

KANI, G. (1958) *Cálculo de pórticos de varios pisos: método de cálculo sencillo y rápido teniendo en cuenta el desplazamiento de los nudos*. Barcelona: Reverté.

KAZINCZY, G (1914) "Test with clamped beams", *Betonszemle*, vol. 2, 68-71, 83-87, 101-104. *Periodica Polytechnica*, vol. 28, 75-93.

KAZINCZY, G (1936) "Critical observations on the theory of plasticity", Final Report, International Association for Bridge and Structural Engineering, Second Congress, 59-69, Berlin (1939).



KLEINLOGEL, Adolf (1944-1955) *Cálculo de las estructuras porticadas hiperestáticas* / A. Kleinlogel ; versión española bajo la dirección de José Serrat Bonastre. Barcelona: Labor.

KURRER, Karl-Eugen (2008), *The History of the Theory of Structures: From Arch Analysis to Computational Mechanics*. Berlin: Ernst & Sohn.

L'arquitectura dels anys cinquanta a Barcelona (1987). Barcelona: Comissió de cultura de l'Escola Tècnica Superior d'Arquitectura del Vallès, UPC.

La Construcción metálica / traducción de la obra alemana "Stahlbau" editada bajo la dirección de la Deutscher Stahlbau-Verband (1968). Madrid: Tipografía Artística, 1968

LAMÉ, G (1852) *Leçons sur la théorie mathématique de l'élasticité des corps solides*, París.

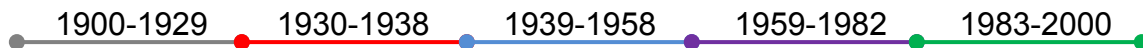
Las estructuras de Eduardo Torroja (1999). Madrid: Ministerio de Fomento, Secretaría Gral. Técnica, Centro de Publicaciones.

LASHERAS ESTEBAN, José María (1965) *Tecnología de los materiales*. Barcelona: Ediciones Cedel, tercera edición.

L'Escola d'enginyers 1851-2001 (2002). Barcelona: Associació i Col·legi d'Enginyers Industrials de Catalunya.

LIVESLEY, R.K. (1970) *Métodos matriciales para cálculo de estructuras* / R. K. Livesley; versión española Julio Martínez Calzón, Madrid: Blume.

LÓPEZ RODRÍGUEZ, José (1953) "El método de Cross y el diagrama de Williot", Fuente: 1953, 101, tomo I (2854): 70-75



LÓPEZ RODRÍGUEZ, José (1955) "El principio de superposición y el método de Cross". Revista de Obras Públicas, Fuente: 1955, 103, tomo I (2877): 17-23.

LORENTE DE NO CABEZAS, Carlos (1953) "Los métodos directos y los métodos de aproximaciones sucesivas de cálculo de estructuras". Revista de Obras Públicas, Fuente: 1953, 101, tomo I (2856): 161-169.

Los Arquitectos de Gaudí : Berenguer, Rubió, Jujol, Sugrañes, Ràfols, Quintana, Martinell, Martínez Bergós, Bonet, Puig Boada / edición a cargo de: David Ferrer, Josep Gómez Serrano (2002). Barcelona: Col·legi Oficial d'Arquitectes. Àrea de Cultura, Formació i Publicacions.

Manual del constructor de máquinas / publicado bajo la dirección de H. Dubbel; traducido de la tercera edición alemana y publicado bajo la dirección de José Serrat Bonastre (1924). Barcelona: Labor.

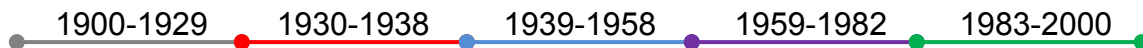
Manuales sobre la construcción con acero 0 (1990) *Bases de cálculo: dimensionamiento de elementos estructurales*. Madrid: Ensidesa, 1990

Manuales sobre la construcción con acero 1 (1989) *La Seguridad de las estructuras de acero ante el incendio* / Jesús Ortiz Herrera. Madrid: ENSIDESA.

Manuales sobre la construcción con acero 2 (1990) *Acero para estructuras de edificación, valores estáticos, estructuras elementales*. Madrid: ENSIDESA.

Manuales sobre la construcción con acero 3 (1991) *Protección anticorrosiva*. Madrid: ENSIDESA.

Manuales sobre la construcción con acero 4 (1992) *Recomendaciones para el proyecto de puentes de acero*. Madrid: ENSIDESA.



MARGARIT, Joan (1970) *Càlculo matricial de estructuras de barras*, Barcelona: Blume: Colegio Oficial de Arquitectos de Cataluña y Baleares.

MARGARIT, Joan (1998) *Càlcul dels esforços en estructures de barres*. Barcelona: Edicions UPC.

MARGARIT, Joan (1969) *Método de Margabux para el cálculo de estructuras porticadas ortogonales*. Barcelona: ETSAB.

MARGARIT, JOAN (2002) *Joana*. Barcelona: Óssa Menor.

MARGARIT, Joan (2005) *Càlcul d'estructures*. Barcelona: Óssa Menor.

MARGARIT, Joan (2007) *Casa de Misericòrdia*. Barcelona: Óssa Menor.

MARGARIT, Joan (2008) *Misteriosament feliç*. Barcelona: Óssa Menor.

MARGARIT, Joan (2010) *No era lluny ni difícil*. Barcelona: Óssa Menor.

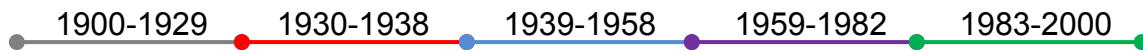
MARTÍNEZ CALZÓN, Julio (1978) *Construcción mixta: hormigón-acero*. Madrid: Rueda.

MARVÁ, José (1909) *Mecánica aplicada a las Construcciones*. Madrid: Imprenta y litografía de Julián Palacios.

MASSONNET, Charles Ernest (1961-1963) *Calcul plastique des constructions*. Bruxelles: Centre Belgo-Luxembourgeois d'Information de l'Acier.

MAXWELL, J.C. (1864) "On the calculation of the equilibrium and stiffness of frames", London, Edinburgh and Dublin Philosophical Magazine, ser. 4, vol. 27,294.

Mecánica aplicada a la construcción, apuntes (19--). Barcelona.



MELAN, E. (1936) "Theory of statically indeterminate systems", Preliminary Publication, International Association for Bridge and Structural Engineering, Second Congress, 43-64. Berlin.

MEOLI, Humberto *Lecciones de Estática Gráfica* (2ª ed.). Buenos Aires: Centro Estudiantes de Ingeniería de Buenos Aires.

MERELLO LLASERA, Eduardo (1943) *La Siderurgia española: su pasado, presente y porvenir*. Madrid: Gráf. Reunidas S.A.

MOHR, O. C. (1874) "Beitrag zur Theorie der Bogenfachwerkstränger", Zeitschrift des architekten und Ingenieur-Vereins zu Hannover, vol. 20, col. 223.

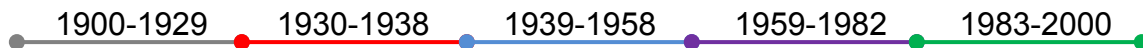
MOHR, O. C. (1892,1893) "Die Berechnung der Fachwerk mit starren Kustenverbindugen", Der Civilingenieur, vol. 38, 577, i vol. 39, 67.

MORLEY, Arthur (1921) *Teoría de las estructuras*. Barcelona: Labor.

MOYA BLANCO, Luis (1993) *Cuaderno de apuntes de construcción / de Luis Moya: curso 1924-1925*. Madrid: Instituto Juan de Herrera: Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid.

NADAL AIXALÀ, Jaime (1961) *Cargas y sobrecargas* / J. Nadal; datos recopilados por la Sección de Normas y Manuales del I.T.C.C. que dirige J. Batanero; en cuya redacción ha colaborado Alberto Prado. Madrid: Tipografía Artística.

NAVIER, C.L.M. (1826) *Résume des leçons donnés à l'École des Ponts et Chaussées, sur l'application de la mécanique à l'établissement des constructions et des machines*, París.



NIETO LLOBET, Antonio (1965) "Un método matricial para resolver estructuras por medio de cálculo electrónico". , Fuente: 1965, 113, tomo I (2999): 223-225.

PARICIO CASADEMUNT, Antoni (2001) *Secrets d'un sistema constructiu: l'Eixample*. Barcelona: Edicions UPC.

PARICIO Ignacio; MANNINO Edgardo (1983) *J.L.I.Sert: Construcción y Arquitectura*. Barcelona: Gustavo Gili.

PEÑA BOEUF (1925) "Mecánica Elástica", Revista Obras Públicas. Revista de Obras Públicas, Fuente: 1925, 73, tomo I (2427): 161-162.

PEÑA BOEUF, Alfonso (1930) *Mecánica elástica*. Madrid: Talleres Tipográficos Voluntad.

PEY CUÑAT, Antonio (1960) *Apuntes de construcciones industriales*. Tarrasa: E.T.S.I.I., S.T.

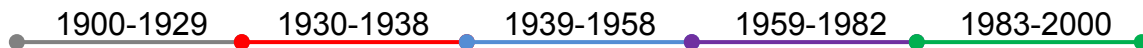
PIO Y CAMÍN, Antonio (1767) *El Arquitecto práctico, civil, militar y agrimensor*. Madrid: Imp. de Pantaleón Aznar.

PIZZA, Antonio (1996) *Guía de la arquitectura moderna en Barcelona (1928-1936)*. Barcelona: Ediciones del Serbal.

PONS Y BAS, Ramón M^a (1941) *Mecánica aplicada: mecánica de la Construcción* (3^a edición). Barcelona: Casa Bosch.

PRENZLOW, C. (1958) *Cálculo de estructuras por el método de Cross*. Barcelona [etc.]: Gustavo Gili.

Prontuario y catálogo / Torras Herrería y Construcciones (1915). Barcelona.



Prontuario para el empleo de viguetas de acero en la construcción de edificios / Altos hornos de Vizcaya (1903). Bilbao: Altos Hornos de Vizcaya, Imprenta de la casa de la Misericordia

Prontuario: para el empleo del acero laminado: datos, tablas de resistencia, disposiciones constructivas, métodos de cálculo, etc. / Altos Hornos de Vizcaya (1944). Bilbao: Altos Hornos de Vizcaya.

PUJADAS PORTA, Josep Maria (19--) *Vigas continuas*. Barcelona: Escuela de Arquitectos Técnicos de Barcelona.

RAS OLIVA, Gregorio (1963) *Elasticidad y resistencia de materiales*. Barcelona: Comisión de Publicaciones de la Delegación de Alumnos, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales.

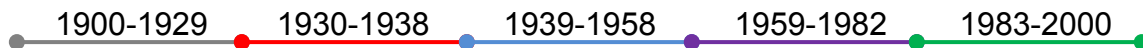
Registre d'arquitectura moderna a Catalunya = Registro de arquitectura moderna en Catalunya = Register of modern architecture in Catalonia: 1925-1965 (1996). Barcelona: Col·legi d'Arquitectes de Catalunya.

Robert Terradas i Via / textos introductoris/textos introductorios (2000). Barcelona: Col·legi d'Arquitectes de Catalunya. Centre de Documentació.

RODRÍGUEZ-AVIAL AZCUNAGA, Fernando (1946) *Construcciones metálicas*. Madrid: Patronato de Publicaciones de la Escuela Especial de Ingenieros Industriales.

RODRÍGUEZ-AVIAL AZCUNAGA, Fernando (1987) *Construcciones metálicas*. Madrid: Bellisco

RODRÍGUEZ-BORLADO, Ramiro (1999) *Prontuario de estructuras metálicas*. Madrid : Ministerio de Fomento, Centro de Publicaciones: CEDEX. Sección de edición.



SALIGER, Rudolf (1950) *Estática aplicada al cálculo de estructuras y al hormigón armado*. Barcelona [etc.]: Labor.

SAN MIGUEL ROMERO, JOSÉ MIGUEL (1971) "Cálculo electrónico de estructuras planas por el método de los elementos finitos (I)". Revista de Obras Públicas, Fuente: 1971, 118, tomo I (3079): 869-876

SCHINDLER, Robert (1944), *Tratado moderno de construcción de edificios* / por Robert Schindler; versión del alemán y adiciones por Buenaventura Bassegoda. Barcelona: J. Montesó.

Sistemas especiales de forjados para la edificación: tipos aprobados y revisados por la Sección de Investigación y Normas / Ministerio de la Gobernación (1945). Madrid: Ministerio de la Gobernación. Dirección General de Arquitectura.

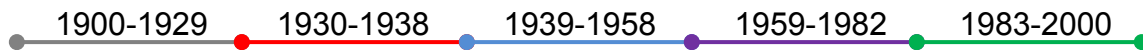
SCHÜTTE, Alfred H. (19--) *Werkzeugmaschinen = Machine-tools = Machines-outils = Macchine-utensili = Máquinas-herramientas*, Köln-Deutz

SERRANO GIMÉNEZ, César (1916) *Trabajo de metales*. Zaragoza: Lit. Vª Portabella.

SOTO BURGOS, José (1943) "La traslación de los nudos y las aproximaciones sucesivas". Revista de Obras Públicas, Fuente: 1943, 91, tomo I (2734): 49-56

TAKABEYA, Fukuhei (1978) *Estructuras de varios pisos: cálculo y tablas de momentos: métodos de Cross, Kani y TakabeYA*. México: Continental

TIMOSHENKO, Stephen (1953) *History of Strength of Materials : with a brief account of the history of theory of elasticity and theory of structures*. New York: McGraw-Hill Book Company.



TIMOSHENKO, Stephen (1985) *Teoría de las estructuras*. Bilbao: Urmo.

TORRELLA SAGRERA, Antonio (1950) *Mecánica General: adoptada a las enseñanzas que deben darse en las Escuelas Industriales*. Barcelona: Casa Bosch

TURNER, CLOUGH, MARTIN, TOPP (1956) "Stiffness and Deflection Analysis of Complex Structures", *Journal of the Aeronautical Sciences* (Institute of the Aeronautical Sciences), Vol. 23, No. 9 (1956), pp. 805-823.

VIERENDEEL, Arthur (1920) *Cours de stabilité des constructions*. Louvain; Paris: Vve. Ch. Dunod.

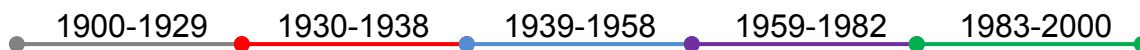
VIVANCOS CALVET, Joan (1996) *Control numèric* (Vol. 1). Barcelona: Edicions UPC.

VIVANCOS CALVET, Joan (1996) *Control numèric* (Vol. 2). Barcelona: Edicions UPC

WILSON, MANEY (1915). Bulletin 80 Univers. Illinois. Eng. Exp. Station, 1915.

ZAFRA, Juan Manuel de (1915) *Cálculo de estructuras*. Madrid: Tejada y Martín.

ZIENKIEWICZ, O. C. (1980) *El Método de los elementos finitos*. Barcelona: Reverté.



Principal normativa consultada

1. *Gazeta*: Colección histórica (1661-1959)

(1878/04808). Previene los formularios para la redacción de los proyectos de carreteras aprobados con la citada fecha.

Publicación: 13/07/1878, número 194

Referencia: 1878/04808

Ministerio de Fomento

Página: 106

<http://www.boe.es/datos/pdfs/BOE/1878/194/A00106-00106.pdf>

(1893/03041). Real decreto dictando disposiciones relativas á la construcción de carreteras.

Publicación: 22/04/1893, número 112

Referencia: 1893/03041

Ministerio de Fomento

Páginas: 323 – 327

<http://www.boe.es/datos/pdfs/BOE/1893/112/A00323-00327.pdf>

(1902/04265). Real orden disponiendo se publique en la GACETA LA INSTRUCCIÓN PARA LA REDACCIÓN DE PROYECTOS DE PUENTES METÁLICOS.

Publicación: 05/06/1902, número 156

Referencia: 1902/04265

Ministerio de Agricultura, Industria, Comercio y Obras Públicas

Páginas: 999 – 1003

<http://www.boe.es/datos/pdfs/BOE/1902/156/A00999-01003.pdf>

(1925/10424). Real orden aceptando el ofrecimiento del Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, Profesor de la Escuela Especial, D. Domingo Mendizábal, y aprobar su proyecto de INSTRUCCIÓN PARA EL CÁLCULO DE TRAMOS METÁLICOS.

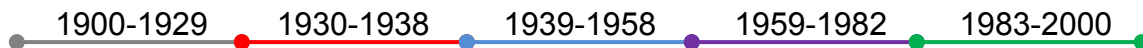
Publicación: 24/10/1925, número 297

Referencia: 1925/10424

Ministerio de Fomento

Páginas: 435 – 452

<http://www.boe.es/datos/pdfs/BOE/1925/297/A00435-00452.pdf>



(1930/04541). INSTRUCCIÓN PARA LA REDACCIÓN DE PROYECTOS Y CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS METÁLICAS, redactada por el Ingeniero primero del Cuerpo de Caminos, Canales y Puertos D. Domingo Mendizábal y Fernández, aprobada por Real orden de 17 de Marzo de 1930.

Publicación: 17/04/1930, número 107

Referencia: 1930/04541

Ministerio de Fomento

Páginas: 384 -392

<http://www.boe.es/datos/pdfs/BOE/1930/107/A00384-00392.pdf>

(1941/02342). DECRETO de 11 de marzo de 1941 sobre RESTRICCIONES EN EL USO DEL HIERRO EN LA EDIFICACIÓN.

Publicación: BOE 12/03/1941, número 71

Referencia: 1941/02342

Páginas: 1766 – 1767

<http://www.boe.es/datos/pdfs/BOE/1941/071/A01766-01767.pdf>

(1941/07550). Decreto de 22 de julio de 1941 por el que se aprueba el REGLAMENTO SOBRE LAS RESTRICCIONES DEL HIERRO EN LA EDIFICACIÓN.

Publicación: BOE 02/08/1941, número 214

Referencia: 1941/07550

Presidencia del Gobierno

Páginas: 5848 – 5853

<http://www.boe.es/datos/pdfs/BOE/1941/214/A05848-05853.pdf>

2. Boletín Oficial del Estado: (1960 -)

(1960/06830). Decreto 845/1960, de 4 de mayo, por el que se deroga el de 11 de marzo de 1941, que establecía restricciones en el uso del hierro en la edificación.

Publicación: Boletín Oficial del Estado núm. 114, de 12/05/1960

Referencia: 1960/06830

Presidencia del Gobierno

Página: 6337

<http://www.boe.es/boe/dias/1960/05/12/pdfs/A06337-06337.pdf>

(BOE-A-1965-2292). Decreto 4433/1964, de 3 de diciembre, por el que se establece la Norma MV 102-1964, ACERO LAMINADO PARA ESTRUCTURAS DE EDIFICACIÓN.

Publicación: BOE número 45 de 22/02/1965

Referencia: BOE-A-1965-2292

Presidencia del Gobierno

Páginas: 2649 a 2660

<http://www.boe.es/boe/dias/1965/02/22/pdfs/A02649-02660.pdf>

(BOE-A-1976-25284). Real Decreto 2899/1976, de 16 de setiembre, por el que se establece bajo la denominación de norma M. V. 102-1975 la revisión de la norma MV 102-1964, ACERO LAMINADO PARA ESTRUCTURAS DE EDIFICACIÓN.

Publicación: BOE número 299 de 14/12/1976

Referencia: BOE-A-1976-25284

Presidencia del Gobierno

Páginas: 24855 a 24868

<http://www.boe.es/boe/dias/1976/12/14/pdfs/A24855-24868.pdf>

(BOE-A-1973-876). Decreto 1353/1973, de 12 de abril, por el que se establece la norma básica MV 103/1972, CALCULO DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO LAMINADO EN EDIFICACIÓN.

Publicación: BOE número 153 de 27/6/1973

Referencia: BOE-A-1973-876

Ministerio de la Vivienda

Páginas: 13037 a 13062

<http://www.boe.es/datos/pdfs/BOE/1973/153/R13037-13170.pdf>

(BOE-A-1967-14923). Decreto 1851/1967, de 3 de junio, por el que se establece la norma MV 104-1966, sobre EJECUCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO LAMINADO EN LA EDIFICACIÓN.

Publicación: BOE número 203 de 25/8/1967

Referencia: BOE-A-1967-14923

Ministerio de la Vivienda

Páginas: 11985 a 12010

<http://www.boe.es/boe/dias/1967/08/25/pdfs/A11985-12010.pdf>

(BOE-A-1969-482). Decreto 685/1969, de 30 de enero, por el que se aprueban las normas MV-105/1967, sobre ROBLONES DE ACERO; MV-106/1968, sobre TORNILLOS ORDINARIOS Y CALIBRADOS, TUERCAS Y ARANDELAS DE ACERO PARA ESTRUCTURAS DE ACERO LAMINADO, y MV-107/1968, sobre TORNILLOS DE ALTA RESISTENCIA Y SUS TUERCAS Y ARANDELAS.

Publicación: BOE número 96 de 22/4/1969

Referencia: BOE-A-1969-482

Ministerio de la Vivienda

Páginas: 5935 a 5964

<http://www.boe.es/boe/dias/1969/04/22/pdfs/A05935-05964.pdf>

(BOE-A-1977-2750). Real Decreto 3253/1976, de 23 de diciembre, por el que se establece la norma MV 108/1976, PERFILES HUECOS DE ACERO PARA ESTRUCTURAS DE EDIFICACIÓN.

Publicación: BOE número 27 de 1/2/1977

Referencia: BOE-A-1977-2750

Ministerio de la Vivienda

Páginas: 2396 a 2401

<http://www.boe.es/boe/dias/1977/02/01/pdfs/A02396-02401.pdf>

(BOE-A-1980-6807). Real Decreto 3180/1979, de 7 de diciembre, por el que se establece la norma básica de la edificación NBE-MV 109/1979, PERFILES CONFORMADOS DE ACERO PARA ESTRUCTURAS DE EDIFICACIÓN.

Publicación: BOE número 79 de 1/4/1980

Referencia: BOE-A-1980-6807

Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo

(BOE-A-1982-21709). Real Decreto 2048/1982, de 28 de mayo, por el que se aprueba la norma básica de la edificación NBE-MV 110-1982, CALCULO DE LAS PIEZAS DE CHAPA CONFORMADA DE ACERO EN EDIFICACIÓN.

Publicación: BOE número 205 de 27/8/1982

Referencia: BOE-A-1982-21709

Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo

Páginas: 23151 a 23177

<http://www.boe.es/boe/dias/1982/08/27/pdfs/A23151-23177.pdf>

(BOE-A-1981-21614). Real Decreto 2169/1981, de 22 de mayo, por el que se establece la norma básica de la edificación NBE-MV 111-1980 PLACAS Y PANELES DE CHAPA CONFORMADA DE ACERO PARA EDIFICACIÓN.

Publicación: BOE número 229 de 24/9/1981

Referencia: BOE-A-1981-21614

Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo

Páginas: 22301 a 22303

<http://www.boe.es/boe/dias/1981/09/24/pdfs/A22301-22303.pdf>

(BOE-A-1977-15613). Real Decreto 1650/1977, de 10 de junio, sobre Normativa de la Edificación.

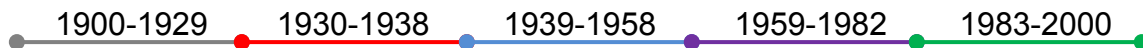
Publicación: BOE número 163 de 9/7/1977

Referencia: BOE-A-1977-15613

Ministerio de la Vivienda

Páginas: 15443 a 15444

<http://www.boe.es/boe/dias/1977/07/09/pdfs/A15443-15444.pdf>



(BOE-A-1996-1223). Real Decreto 1829/1995, de 10 de noviembre, por el que se aprueba la Norma Básica de la Edificación NBE EA-95 “ESTRUCTURAS DE ACERO EN EDIFICACIÓN”.

Publicación: BOE número 16 de 18/1/1996

Referencia: BOE-A-1996-1223

Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente

Páginas: 1414 a 1620

<http://www.boe.es/boe/dias/1996/01/18/pdfs/A01414-01620.pdf>

UNE-ENV 1993-1-1:1996. / Eurocódigo 3: Proyecto de estructuras de acero. Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificación.

UNE-ENV 1993-1-1/A1:1996. / Eurocódigo 3: Proyecto de estructuras de acero. Parte 1-1: Reglas generales. Reglas generales y reglas para edificación.

(BOE-A-1995-3319). Real Decreto 2543/1994, de 29 de diciembre, por el que se aprueba la norma de Construcción Sismorresistente: Parte General y Edificación (NCSE-94).

Publicación: BOE núm. 33, de 8 de febrero de 1995.

Referencia: BOE-A-1995-3319

Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente

Páginas 3935 a 3980

<http://www.boe.es/boe/dias/1995/02/08/pdfs/A03935-03980.pdf>

(BOE-A-2006-5515). Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.

Publicación: BOE número 74 de 28/3/2006

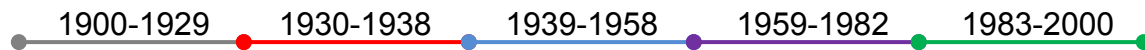
Referencia: BOE-A-2006-5515

Ministerio de Vivienda

Páginas: 11816 a 11831

<http://www.boe.es/boe/dias/2006/03/28/pdfs/A11816-11831.pdf>

<http://www.boe.es/boe/dias/2006/03/28/pdfs/C00001-00952.pdf>



Bibliografia Consultada en fons especials

Arxiu Fotogràfic de Barcelona. Campañà - Puig

Arxiu Fotogràfic de Barcelona. Gabriel Casas

Arxiu Fotogràfic de Barcelona. Josep Maria Sagarra.

Arxiu Fotogràfic de Barcelona. J. Vidal i Ventosa, 1908.

Arxiu Fotogràfic de Barcelona. J. Domínguez.

Arxiu Fotogràfic de Barcelona. Jorge Venini.

Arxiu Fotogràfic de Barcelona. Pérez de Rozas.

Fons Antic del Col·legi Oficial d'Arquitectes de Catalunya.

Fons Gaudí- Arxiu Municipal Administratiu de Barcelona.

Fons Institut cartogràfic de Catalunya.

Hemeroteca La Vanguardia

Hemeroteca ABC